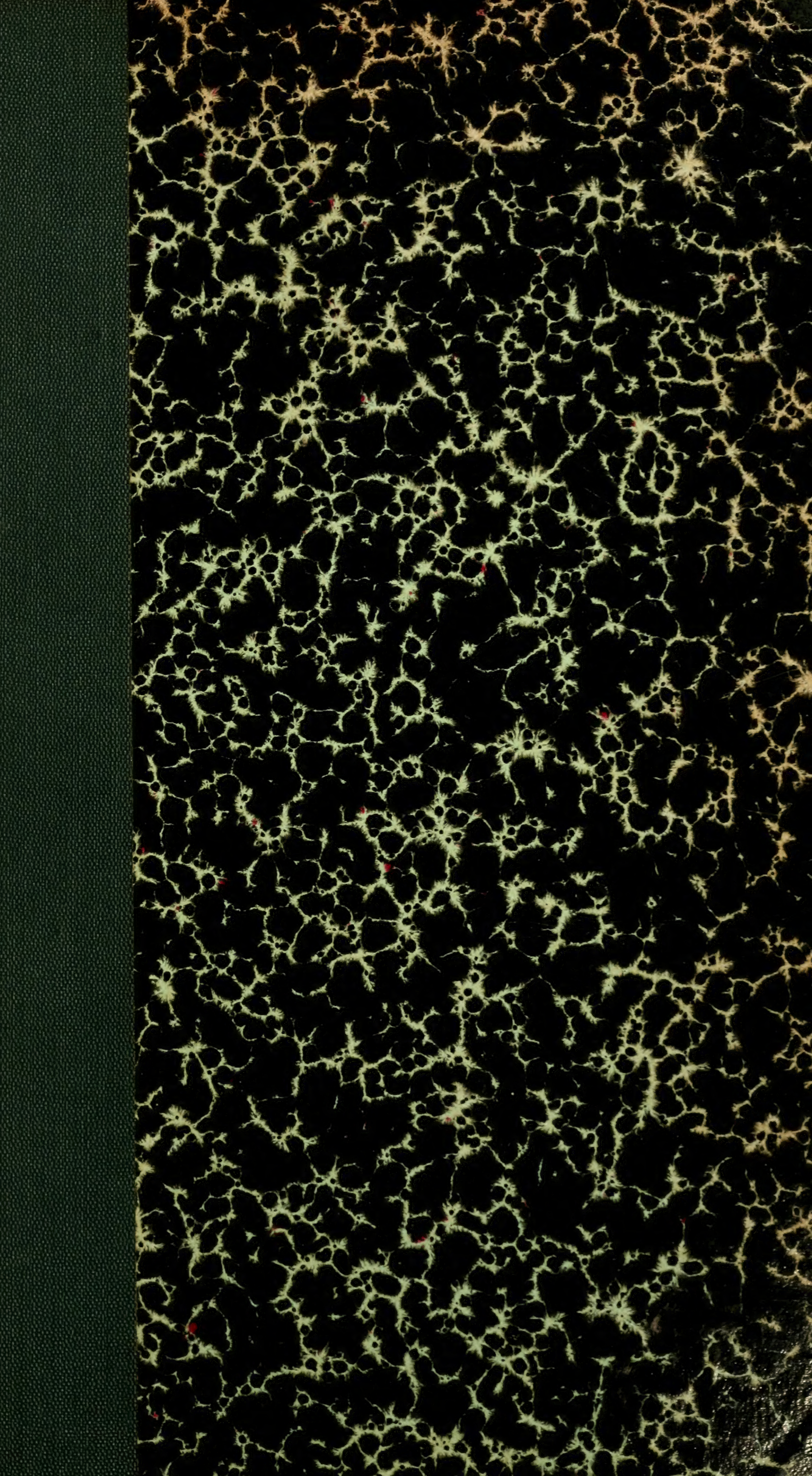



Septemb 1899
R.W. Gibson Invt

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

Genève. — Impr. Ch. Eggimann & Cie, 18, Pélisserie.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

CENT CINQUIÈME ANNÉE

QUATRIÈME PÉRIODE

TOME NEUVIÈME

GENÈVE
BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18.

LAUSANNE
G. BRIDEL ET Cie
Place de la Louve, 1

PARIS
G. MASSON
Boulevard St-Germain, 120

Dépôt pour l'ALLEMAGNE, GEORG & Cie, A BALE

1900

ÉTUDE DES

CHALEURS LATENTES DE VAPORISATION

DE

QUELQUES NITRILES

ET

AUTRES SUBSTANCES DE LA CHIMIE ORGANIQUE

PAR

W. LOUGUININE

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 21 décembre 1899.

La connaissance des chaleurs latentes de vaporisation des liquides a toujours présenté un grand intérêt scientifique; cet intérêt s'est accru depuis que nous savons qu'en partant de ces constantes nous pouvons nous rendre compte du degré de complexité des molécules liquides.

Les recherches faites par cette méthode, ainsi que celles qui se basent sur la détermination des tensions superficielles des liquides, telle qu'elle a été appliquée par MM. Ramsay et Shields, tendent au même but; je crois néanmoins que la précision des résultats obtenus en partant des chaleurs latentes de vaporisation des liquides est plus grande que celle que l'on obtient par la méthode employée par les éminents savants anglais; elle est en revanche d'une exécution beaucoup plus difficile.

L'importance de la question dont j'avais entrepris l'étude m'a amené à exécuter depuis quelques années une série de déterminations des chaleurs latentes de vaporisation de liquides appartenant à divers groupes de la chimie organique.

L'étude que je présente actuellement à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève fait partie de cette série de recherches ; les résultats obtenus précédemment sont réunis dans deux mémoires publiés dans les *Annales de chimie et de physique* (7me série, tome VII et tome XIII).

Je dois renvoyer le lecteur de la note actuelle à ces mémoires, dont le premier contient la description détaillée des appareils et des méthodes employées, le deuxième, les résultats obtenus en étudiant les alcools, les acétones, quelques éthers d'acides bibasiques et certains hydrocarbures.

J'avais pour but, en créant la méthode dont je me suis servi dans ces déterminations, de me rapprocher autant que possible de celle employée par Regnault dans ses recherches classiques sur le même sujet. La méthode créée par Regnault lui permettait de calculer avec précision la quantité de chaleur transmise à l'eau du calorimètre en dehors de celle provenant de la condensation de la vapeur du liquide et de son refroidissement depuis la température d'ébullition jusqu'à celle du calorimètre.

Je suis parvenu à établir un appareil satisfaisant aux mêmes conditions et permettant d'obtenir des résultats précis en n'employant que des quantités relativement petites de substance (ne dépassant pas 80 gr.), tandis que Regnault regardait comme indispensable, pour obtenir des résultats précis, d'opérer sur au moins un litre de liquide.

J'ai pu également déterminer des chaleurs latentes de vaporisation à des températures voisines de 200°, notablement supérieures à celles auxquelles Regnault avait fait ses expériences.

L'appareil primitif dont je me suis servi était construit en laiton doré et pouvait parfaitement suffire pour les études que j'avais entreprises sur les substances n'attaquant pas ce métal. Il n'en était plus de même dans les recherches que j'ai l'honneur de soumettre actuellement à la Société, car plusieurs des substances étudiées en dernier lieu, par exemple l'acide acétique, le meta-crésol, attaquaient le laiton ; j'ai dû, par conséquent construire un nouvel appareil en remplaçant le laiton par le platine. J'y ai adapté comme réfrigérant l'appareil décrit par Bertholet (Mécanique chimique) sous le nom de laboratoire thermochimique que je possédais déjà.

Je l'ai seulement modifié, en allongeant considérablement le serpentin et en réunissant par des soudures à l'or les différentes parties qui le composent. J'ai également transformé l'appareil qui m'avait servi à déterminer la chaleur spécique des liquides étudiés, déterminations qui se faisaient entre des températures peu éloignées du point d'ébullition du liquide et la température ambiante.

Il est évident que les quantités de chaleur mesurées dans le calorimètre lors des déterminations des chaleurs latentes de vaporisation se composent de deux facteurs :

a) de la chaleur dégagée lors de la condensation des vapeurs dans le refrigérant (chaleur latente de vaporisation).

b) des chaleurs transmises par le liquide ainsi formé

par refroidissement depuis la température de condensation (ébullition) jusqu'à la température maxima de l'eau du calorimètre.

Il faut, par conséquent, connaître les chaleurs spécifiques des liquides entre ces limites de températures.

Dans les expériences faisant l'objet de mon second mémoire (7me série, vol. XIII), je me suis servi pour la détermination de ces chaleurs spécifiques de deux méthodes différentes :

Pour les températures ne dépassant pas 150 à 160°, j'ai eu recours à un appareil à étuve mobile et calorimètre fixe décrit dans les *Annales de chimie et de physique* (5me série, vol. XXVII, page 398), sous le titre de : « Nouvelle étuve pour le calorimètre à glace ». Dans cet appareil l'étuve se trouvait éloignée d'à peu près 50 cent. de la chaudière avec laquelle elle communiquait au moyen d'un col protégé contre le refroidissement par des enveloppes de feutre ou d'amiante ; j'avais dû donner au col de l'appareil une longueur assez grande, car je l'avais primitivement construit pour servir avec le calorimètre à glace ; il fallait pouvoir amener l'étuve au-dessus du calorimètre à glace placé dans une double enceinte remplie de glace. Il est évident que la longueur de ce col amenant la vapeur depuis la chaudière jusqu'à l'étuve, rendait impossible l'échauffement de cette dernière à des températures élevées (dépassant 150 à 160°). Le principal défaut de l'appareil provenait de ce qu'il devait servir à deux buts différents, au calorimètre à glace et aux déterminations de chaleurs spécifiques dans un calorimètre ordinaire par la méthode des mélanges.

Dans les cas où la substance devait être amenée à des températures dépassant 150 à 160°, auxquelles je ne

parvenais pas à les échauffer dans l'étuve mobile, j'ai eu recours à un double bain rempli d'une solution concentrée de chlorure de zinc et pouvant être amené à des températures voisines et même supérieures à 200°[1]. L'ampoule contenant la substance, échauffée dans ces bains, était rapidement transportée à la main et plongée dans le calorimètre situé à proximité, mais garanti par des enceintes isolantes; ce dernier système présentait deux inconvénients très graves : il était presque impossible de maintenir la température du bain de chlorure de zinc à une température stable durant un temps suffisant pour que le liquide échauffé puisse se mettre en équilibre de température avec le bain, de plus, lors du transport à la main de l'ampoule contenant la substance depuis le bain jusqu'au calorimètre, il y avait évidemment perte de chaleur.

Dans mes précédentes recherches, je ne connaissais pas d'autre type d'étuve que celle dont je me suis servi tout en reconnaissant son imperfection.

Dans ces derniers temps, j'ai repris l'étude de cette question et suis parvenu à établir un type d'étuve mobile permettant d'échauffer les substances étudiées et de les maintenir à des températures absolument stables, dépassant même 200°, et de faire tomber les substances ainsi échauffées, dans le calorimètre, d'une manière automatique, sans déperdition appréciable de chaleur.

J'y suis arrivé en maintenant d'une manière générale

[1] J'ai remplacé l'huile dont on se sert habituellement dans ces bains par des dissolutions très concentrées de chlorure de zinc afin d'éviter la vapeur désagréable que dégagent toutes les huiles vers 200°.

le type de l'étuve mobile primitive, mais en y faisant les modifications suivantes :

L'appareil n'étant plus destiné à servir pour le calorimètre à glace, le col allongé devenait inutile, il a été remplacé par un col très court. La vapeur formée dans la chaudière ne parcourait plus qu'un trajet très raccourci, il n'y avait plus à craindre qu'elle se condensât, et, grâce à cette modification, je suis parvenu à maintenir des températures très élevées, dépassant même 200°.

L'étuve se trouve placée dans le nouvel appareil très près de la chaudière et de son réfrigérant (à 8 cent. environ). J'ai augmenté le diamètre du col amenant la vapeur, ainsi que le diamètre de l'étuve même, c'est-à-dire de la couche de vapeur qui entoure le canal central dans lequel se trouve placée la substance échauffée. J'ai également considérablement augmenté la surface du réfrigérant dans lequel la vapeur qui échauffe l'étuve se condense pour retomber au fond de la petite chaudière. Comme on le voit, les modifications que j'ai apportées à l'appareil primitif ne portent que sur des détails de construction, le principe qui m'a guidé dans l'établissement de ces deux instruments restant le même.

Les liquides versés dans la chaudière, dont les vapeurs servaient à échauffer les substances étudiées, étaient très différents, suivant les températures qu'il fallait obtenir. J'indiquerai la composition de ceux dont je me suis servi dans ces recherches, en traitant des déterminations des chaleurs spécifiques des liquides étudiés.

A. *Expériences préalables.*

L'appareil en platine dont je me suis servi dans mes dernières recherches différant un peu, par ses dimen-

sions, de l'appareil primitif en laiton, le réfrigérant nouveau différant également de celui adopté primitivement, j'ai cru utile de faire avec cet appareil, comme contrôle, quelques déterminations de la chaleur latente de vaporisation de l'eau qui a été étudiée avec beaucoup de soin par Regnault. J'ai fait dans ce but quatre déterminations, et ai obtenu pour la chaleur latente de vaporisation de l'eau des nombres se confondant presque avec ceux trouvés par Regnault.

Cette précision, et la concordance à laquelle je suis arrivé entre mes différentes expériences s'obtiennent en opérant avec une grande vitesse, c'est-à-dire en menant l'ébullition de l'eau, comme des autres substances, avec beaucoup d'intensité, de manière à ce que la température du calorimètre, contenant deux litres d'eau, augmente de 0.7° à 1.0° pour chaque intervalle 0.30′ (intervalle de temps entre deux observations du thermomètre placé dans le calorimètre). En opérant dans ces conditions on peut être sûr que la vapeur pénétrant dans le réfrigérant est absolument sèche et ne contient pas trace de gouttelettes liquides. Je me suis assuré également que la condensation de la vapeur dans le réfrigérant était complète, même pour des substances très volatiles telles que l'alcool méthylique et l'acétone.

B. Dans les déterminations *des chaleurs spécifiques des liquides* étudiés, je me suis servi de deux types de thermomètres. Les températures du calorimètre étaient mesurées au moyen de thermomètres construits par Baudin, portant un nombre restreint de degrés (à p. p. 10°, l'échelle allant de 15° à 25° à p. p.) dont chacun était divisé en 50 parties; les lectures se faisant à la lunette, on arrivait facilement à déterminer le $^{1}/_{10}$ de divi-

sion, c'est-à-dire $^1/_{500}$ de degré. Ces thermomètres avaient été vérifiés au Bureau International des poids et mesures de Sèvres et j'en possèdais toutes les corrections.

Les températures auxquelles on chauffait les substances étaient indiquées par des thermomètres courts, plongeant en entier dans l'étuve, et portant chacun 20 degrés divisés en $^1/_5$: je possède une série de ces thermomètres allant de 60 à 220°. Cette série, également établie par Baudin, avait été vérifiée à la section technique de la Reichsanstalt de Berlin, qui m'a donné les tables de correction de ces instruments, établies avec une précision de $^1/_{10}$ de degré. Vu la petite longueur des thermomètres placés dans l'étuve il n'y avait pas à tenir compte des corrections pour les colonnes émergeantes qui étaient insignifiantes.

Les échantillons de substances sur lesquels les expériences ont porté étaient prélevées sur les portions destinées aux déterminations des chaleurs latentes de vaporisation ; j'indique plus loin leur mode de purification et les résultats de leur analyse. Ces substances étaient enfermées dans des ampoules ; j'employais généralement de 4 à 6 gr. de substance pour la détermination de la chaleur spécifique de chaque corps.

Quand les substances étaient échauffées à des températures ne dépassant pas 150°, je les soudais dans des ampoules en verre d'Iéna (Schott) dont la chaleur spécifique avait été soigneusement déterminée. Pour lester ces ampoules je les chargeais d'un certain poids (4 à 5 gr.), de platine que je prenais à l'état de gros fil coupé en tigelles d'à peu près 8 mm. de longueur.

J'employais généralement de 4 à 5 gr. de ce platine pour obtenir une immersion complète et rapide de l'am-

poule dans l'eau du calorimètre. L'emploi des ampoules de verre n'était possible qu'à des températures ne dépassant pas 150 à 160°; chauffées à des températures plus élevées, elles éclataient invariablement au contact de l'eau du calorimètre.

Pour les températures plus élevées j'ai eu recours à des ampoules en platine, terminées par des tubes très fins également en platine, qui étaient soudés à l'aide d'une tigelle d'or fin introduite dans ces tubes; les expériences terminées, le bout du tube de platine ainsi soudé était coupé à l'aide d'une pince, l'ampoule soigneusement lavée à l'alcool, séchée et remplie d'une nouvelle substance.

J'ai déterminé les chaleurs spécifiques des substances étudiées en les prenant entre des températures très voisines de leur température d'ébullition et la température ambiante.

1° Chaleur spécifique de l'*Acétonitrile,* prise entre 76.40° et 20.7°.

L'étuve a été chauffée par de la vapeur d'alcool éthylique versé dans la chaudière.

J'ai obtenu :

$$\left.\begin{array}{l}0.5421\\0.5412\\0.5399\end{array}\right\}\text{ Moyenne } = 0.5408$$

L'expérience extrême en diffère de 0,17 %.

2° Chaleur spécifique du *Propionitrile* prise entre 95,1° et 19,2°.

Chauffé dans la vapeur de l'alcool propylique contenu dans la chaudière.

J'ai obtenu :

0.5380 | Moyenne = 0.5378
0.5376 |

Les expériences diffèrent de cette moyenne de 0.04 °/₀.

3° Chaleur spécifique du *Capronitrile* prise entre 155,5° et 18°.

Chauffé dans la vapeur d'Anisol contenu dans la chaudière.

Il n'a été fait qu'une seule détermination avec cette substance, l'ampoule s'étant brisée à la seconde.

Je n'ai pu répéter cette expérience vu le manque de matière; néanmoins la grande concordance entre les résultats des détermination que j'ai faites sur les autres substances étudiées me permet, je crois, de me contenter de cette seule donnée.

J'ai obtenu ainsi pour la chaleur spécifique de cette substance la valeur de 0.5417.

4° Chaleur spécifique du *Benzonitrile*, prise entre 186° et 21 degrés.

Il a été versé dans la chaudière un mélange de 4 parties de benzoate de méthyle et d'une partie de cumène.

La température dans l'étuve s'est maintenue absolument stable.

J'ai obtenu pour la chaleur spécifique du benzonitrile.

0.4405 |
0.4416 | Moyenne = 0.4412
0.4429 |

L'expérience extrême en diffère de 0.38 °/₀.

5° Chaleur spécifique de la *Pyridine*, prise entre 107.6° et 21.5°.

Chauffée dans de la vapeur de toluène.

J'ai trouvé :

0.4317 } Moyenne = 0.4315
0.4313 }

Les expériences diffèrent de cette moyenne de 0,04 °/₀.

6° Chaleur spécifique de la *Pipéridine*, prise entre 97,5° et 19.5°.

Chauffée dans de la vapeur d'eau.

J'ai trouvé :

0.5231 } Moyenne = 0.5233
0.5236 }

Les expériences en diffèrent de 0.06 °/₀.

7° Chaleur spécifique de l'*Acétophénone*, prise entre 196° et 20°.

Chauffée dans de la vapeur de benzoate de méthyle.

J'ai trouvé :

0.4742 }
0.4765 } Moyenne = 0.4744
0.4725 }

L'expérience extrême en diffère de 0.40 °/₀.

8° Chaleur spécifique du *Méta-Crésol*, prise entre 197° et 21°.

Chauffée également dans de la vapeur de benzoate de méthyle.

J'ai trouvé :

0.5538 }
0.5541 } Moyenne = 0.5534
0.5523 }

L'expérience extrême en diffère de 0.20 °/₀.

9° Chaleur spécifique de l'*Acide Acétique* prise entre 111.4° et 22.5°.

On a versé dans la chaudière un mélange de toluène et de xylène.

J'ai trouvé.

0,5330 }
0,5314 } Moyenne 0,5323.

Les expériences en diffèrent de 0.17 %.

La connaissance des chaleurs spécifiques des liquides étudiés n'est pas le seul élément nécessaire pour arriver à la détermination de leur chaleur latente de vaporisation en partant des nombres obtenus par les expériences directes.

En effet, ces expériences ayant été exécutées à des pressions barométriques différentes, auxquelles correspondent des températures d'ébullition des liquides également différentes, il était indispensable de connaître ces dernières pour pouvoir retrancher, des nombres obtenus par l'expérience, les valeurs correspondant aux chaleurs dégagées par des liquides depuis leur condensation dans le réfrigérant jusqu'à ce qu'ils soient mis en équilibre de température avec l'eau du calorimètre; il fallait donc pouvoir déterminer les températures d'ébullition des liquides pour les différentes pressions barométriques qui correspondaient aux expériences, autrement dit déterminer les variations des températures d'ébullition correspondant à une variation déterminée des pressions barométriques, à celle p. ex. d'un millimètre. Cette étude préalable ayant été faite, j'ai pu déterminer les températures auxquelles se produisait l'ébullition des liquides au moment de chaque expérience, et, en multipliant la différence entre cette

température et la température maximum du calorimètre par la chaleur spécifique du liquide et par le poids de la substance condensée dans le réfrigérant lors de l'expérience, on obtenait le nombre de calories qui devaient être retranchées des données des expériences pour obtenir les valeurs des chaleurs latentes de vaporisation. Il était indispensable, en outre, de connaître la température d'ébullition de tous ces liquides à la pression barométrique normale, c'est-à-dire à 760 mm. Cette dernière donnée devait servir à la détermination exacte des valeurs données par la formule Trouton. La manière d'opérer que j'avais adoptée pour faire ces diverses déterminations a été décrite en détail dans mon premier mémoire (Annales de chimie et de physique 7e série tome VII).

J'ai réuni en un tout les données obtenues pour les chaleurs latentes de vaporisation, calculées comme il vient d'être dit, ainsi que celles qui se rapportent à la purification et à l'analyse des substances étudiées et les températures d'ébullition de ces liquides à la pression barométrique normale.

A) *Acétonitrile* $CH^3\ CN = 41$.

Le produit obtenu de chez Kahlbaum de Berlin (ainsi que la plupart de ceux qui ont servi à ces recherches) a été lavé à l'acide chlorhydrique dilué à froid, puis séché sur du K_2CO_3 fondu et finalement sur du P_2O_5 et enfin soigneusement fractionné.

P. d'éb. constant $= 81.54°$ à la pression de $H_0 = 760$ mm. Schiff a trouvé que pour $H_0 = 757.3$ le P : d'éb : de l'Acétonitrile variait de 81.2° et 81.4° nombres très voisins de celui que j'ai obtenu.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
H	= 7.32 °/₀	7.52 °/₀
C	= 58.54 »	58.58 »
N	= 34.15 »	34.11 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 171.62
b) 170.27 } Moyenne = 170.68
c) 170.15

dont l'expérience extrême diffère de 0.55 °/₀.

B) *Propionitrile* $CH_3.CH_2.CN = 55$.

Cette substance a été purifiée comme la précédente, puis desséchée sur du P_2O_5, elle passait à la distillation entre $^1/_{10}$ de degré.

La température d'ébullition pour $H_0 = 760$ a été trouvée = 97.16°.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
H	= 9.09 °/₀	9.28 °/₀
C	= 65.45 »	65.66 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 134.50
b) 134.32 } Moyenne = 134.40.
c) 134.38

dont l'expérience extrême diffère de 0.07 °/₀.

C) *Capronitrile* $(CH_3)^2CH.CH_2.CH_2.CN = 97$.

Cette substance a été soigneusement désséchée, puis fractionnée : elle passait définitivement à la distillation entre 0.3° ; son p. d'éb. pour $H_0 = 760$ a été trouvé = 156.48°.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
H =	11.34 %	11.54 %
C =	74.27 »	74.16 »
N =	14.43 »	14.49 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 87.72
b) 88.46 } Moyenne = 88.09.
c) 88.09

dont l'expérience extrême diffère de 0.42°.

D) *Benzonitrile* C_5H_5. CN = 103.

Cette substance a été purifiée par distillations fractionnées, elle passait entre $^2/_{10}$ de degré. Son p. d'éb. pour H_0 = 760 a été trouvé à 190.89°. La substance a été soumise à deux analyses qui ont donné :

	Théorie	Trouvé I	Trouvé II
H =	4.85 %	5.02 %	4.90 %
C =	81.55 »	81.37 »	81.35 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 87.47
b) 87.95 } Moyenne = 87.71

dont les expériences différent de 0.27.

E) *Pyridine* C_{55}H.N = 79.

Cette substance a été désséchée sur KOH puis fractionnée avec soin.

En partant de deux litres de liquide, distillant primitivement entre 1°5, il a été obtenu, après de nombreux fractionnements, 300 gr. de liquide passant entre — [illegible] de degré. P. d'éb. pour H_0 = 760 a été trouvé = 115.51°.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
H =	6.33 °/o	pas déterminée
C =	75.95 »	76.03 °/o
N =	17.72 »	17.81 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 101.71
b) 101.08
c) 101.34
d) 101.45
} Moyenne = 101.39.

dont l'expérience extrême diffère de 0.31 °/₀.

F) *Pipéridine* $C_5H_{11}N = 85$.

La substance a été traitée par du KHO, après quoi on l'a fait reposer sur du sodium métallique sur lequel elle a été finalement distillée; elle passait à la distillation entre $^2/_{10}$ de degré.

P. d'éb. pour $H_0 = 760$ a été trouvé = 105°.76.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
H =	12.86 °/o	12.94 °/o
C =	70.66 »	70.59 »
N =	16.59 »	16.47 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 89.01
b) 89.26
c) 88.49
} Moyenne = 88.92.

dont l'expérience extrême diffère de 0.48 °/₀.

G) *Acétophénone* $C_6H_5 . CO . CM_3 = 120$.

La substance a été purifiée par de nombreuses distillations et cristallisations fractionnées, elle passait entre $^1/_{10}$ de degré. La température d'ébullition, pour $H_0 = 760$, a

été calculée en partant des nombres trouvés pour la benzophénone. Les variations de la température d'ébullition de cette substance, qui est également une acétone, (C^6H^5. CO. C^6H^5) ne doivent que peu différer de celles de l'acétophénone et peuvent servir à calculer la température d'ébullition de cette substance à la pression normale. C'est ainsi que cette température a été trouvée = 203.7°.

L'analyse a donné :

	Théorie	Trouvé
M	6.66 °/₀	6.88 °/₀
C	80.00 »	80.00 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée =

a) 77.53
b) 77.28 } Moyenne = 77.24.
c) 76.85

L'expérience extrême en diffère de 0.63 °/₀.

H) *Meta-Crésol* C_6H_4. CH_3. OH = 108.

Cette substance était très intéressante à étudier, étant un corps d'un type phénole restant liquide à la température ambiante ; de plus le Meta-Crésol est isomère de l'alcool benzilique dont j'avais déterminé la chaleur latente de vaporisation (Annales de chimie et de physique 7° série, tome XIII).

La substance a été purifiée par plusieurs distillations fractionnées.

P. d'éb. pour H_0 = 760 — 201°.64

L'analyse a donné ;

	Théorie.	Trouvé.
H =	7.40 °/₀	7.53 °/₀
C =	77.78 »	77.96 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

$$\left.\begin{array}{l} a)\ 100.99 \\ b)\ \ 99.94 \end{array}\right\} \text{Moyenne} = 100.46.$$

Les expériences en diffèrent de 0,53 °/₀.

Ces expériences ont été particulièrement difficiles à exécuter, probablement à cause de la températnre d'ébullition très élevée de la substance; la fermeture de mon appareil (destinée à arrêter toute pénétration de vapeur dans le réfrigérant durant les périodes initiales et finales des expériences) dont le fonctionnement était généralement irréprochable, laissait passer dans l'étuve de petites quantités de méta-crésol, ce qui a été constaté par des expériences de contrôle et même à l'œil nu, en observant après l'expérience le tube qui faisait communiquer la cornue avec le réfrigérant. L'intérieur de ce tube, observé après l'expérience, était généralement absolument sec; dans les expériences faites avec le méta-crésol il n'en était pas toujours de même et on voyait souvent des traces de méta-crésol.

Les deux nombres que je cite ont été précédés et suivis d'expériences de contrôle qui ont indiqué que la fermeture de l'appareil, lors de ces expériences, était absolument hermétique; le canal de la cornue s'est présenté également dans ces deux cas comme absolument sec. Je crois par conséquent pouvoir regarder ces deux expériences comme irréprochables.

I) *Acide acétique* CH_3 CO OH = 60.

La purification de cette substance a été faite au moyen d'une longue série de congélations fractionnées, après chacune desquelles on laissait fondre et rejettait à

peu près un quart de la substance. En opérant ainsi et en partant de 10 kil. d'acide déjà pur (p. f. = 13 degrés) j'ai obtenu à peu près 400 gr. de substance dont le P. f. ne variait plus et était à 16°56. Cet acide passait à la distillation presque sans variation (à peine 0°.02).

Le p. d'éb. pour $H_0 = 760$ a été trouvé à 119°2.

L'analyse a donné :

	Théorie.	Trouvé.
H =	6.66 °/₀	9.53 °/₀
C =	40.00 »	40.09 »

La chaleur latente de vaporisation a été trouvée de

a) 89.87
b) 89.85
c) 89.77
d) 89.69
} Moyenne = 89.79.

L'expérience extrême en diffère de 0.11 °/₀.

Ayant obtenu ainsi les valeurs des chaleurs latentes de vaporisation des substances étudiées, il restait à déterminer les valeurs que prenait pour elles l'expression $\frac{M\,S}{T}$ (formule dite de Trouton).

J'ai obtenu pour :

1. L'acétonitrile $\frac{41 \times 170.68}{273 + 81.54} = 19.74$

2. Propionitrile $\frac{55 \times 134.40}{273 + 97.16} = 19.97$

3. Capronitrile $\frac{97 \times 88.09}{273 + 156.48} = 19.89$

4. Benzonitrile $\frac{103 \times 87.71}{273 + 190.89} = 19.47$

5. Pyridine $\frac{79 \times 101.39}{273 + 115.51} = 20.62$

6. Pipéridine $\frac{85 \times 88.92}{273 + 105.76} = 19.95$

7. Acétophénone $\frac{120 \times 77.24}{273 + 200.70} = 19.44$

8. Meta-Crésol $\frac{108 \times 100.46}{273 + 201.46} = 22.86$

9. Acide Acétique $\frac{60 \times 89.79}{273 + 119.2} = 13.74$

En ajoutant à la chaleur de vaporisation de l'acide acétique donnée par l'expérience, la chaleur de transformation de la vapeur de cette substance en vapeur de densité normale, chaleur que Berthelot a trouvée = 82, j'ai obtenu pour la valeur de $\frac{M S}{T}$ correspondant à l'acide acétique $= \frac{60 \times 171.79}{273 + 119.2} = 26.28$.

Quatre des substances étudiées dans ce mémoire : la pyridine et la pipéridine, l'acéto et le capronitrile ont formé le sujet d'une note qui a été publiée dans le n° VI des *Comptes Rendus* de 1899 (page 366); les résultats obtenus pour les cinq autres sont absolument inédits.

Je crois pouvoir tirer des nombres réunis dans cette table les conclusions suivantes:

1. Les molécules liquides des quatre nitriles que j'ai étudiés ne sont pas polymérisées; les valeurs de $\frac{M S}{T}$ obtenues pour ces quatre corps sont à peu près identiques.

2. Les molécules liquides de l'acéto-phénone, c'est-à-dire de la méthyl-phényl-acétone, ne sont également pas polymérisées; j'ai indiqué qu'il en était de même pour les acétones de la série grasse (annales de chimie et de physique, 7me série, tome XIII).

3. Les molécules liquides du meta-crésol sont légèrement polymérisées ce qui était à prévoir vu que cette substance contient le groupe oxhydrile dont la présence correspond à une polymérisation, de la molécule liquide ; du moins en est-il ainsi pour toutes les substances contenant ce groupe, qui ont été étudiées jusqu'à présent.

J'ai trouvé pour l'alcool benzilique la valeur de $\frac{MS}{T} = 29.2$ nombre qui se confond presque avec celui trouvé pour le méta-crésol qui lui est isomère.

4. J'ai trouvé pour la chaleur latente de vaporisation de l'acide acétique un nombre plus grand que celui obtenu par Berthelot et Ogier (89°.79 au lieu de 84°.9) ce qui doit probablement provenir d'une différence dans le degré de pureté des substances étudiées ; l'acide acétique étant extrêmement hygroscopique et très difficile par conséquent à obtenir à l'état parfaitement pur.

Plusieurs des substances, dont j'ai déterminé les chaleurs latentes de vaporisation et le degré de polymérisation de la molécule liquide ont été étudiées à ce dernier point de vue par Ramsay et Shields au moyen de la méthode des ascensions capillaires (Zeitschrift für Physikalische Chemie volume XII, p. 433).

Ces savants ont déterminé, par cette méthode, le degré de complexité des molécules liquides de deux des nitriles que j'ai également étudiés : mais ils ont obtenu pour ces substances des résultats différents des miens.

Le facteur d'association moléculaire du propionitrile a été trouvé par eux 1.57, ce qui indiquerait que les molécules de ce liquide sont fortement polymérisées, tandis que pour le facteur de polymérisation du benzonitrile ils ont trouvé 0.97 indiquant que, dans ce cas il n'y avait pas de polymérisation.

Contrairement aux conclusions de ces savants il ressort de mes recherches que les molécules liquides des quatre nitriles que j'ai étudiés ne sont pas polymérisées, et que la valeur de $\frac{M S}{T}$ est, comme je l'ai indiqué plus haut, presque identique pour les quatre substances.

Ramsay et Shields ont également déterminé le degré de polymérisation moléculaire de la pyridine et de la pipéridine. Pour ces substances ils sont arrivés aux mêmes conclusions que moi.

Je compte continuer ces recherches sur les chaleurs latentes de vaporisation des liquides organiques et présenter à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève les résultats que j'espère obtenir.

Les expériences qui forment le sujet de ce mémoire ont été exécutées dans un laboratoire que j'ai établi dans ma propriété située près de Bex en Suisse (canton de Vaud).

Dans le courant de ce travail je me suis convaincu de la très grande difficulté qu'il y avait a poursuivre des recherches de grande précision loin des centres scientifiques.

La principale difficulté contre laquelle j'ai eu à lutter consistait dans la nécessité de réparations fréquentes d'appareils très délicats, réparations indispensables dans ce genre de recherches.

Ce n'est que grâce à la grande obligeance de la « Société genevoise pour la construction des instruments de physique », qui a montré une bonne volonté inépuisable dans les nombreuses réparations et modifications dont mes appareils avaient besoin, que j'ai pu achever ce travail.

LOIS EXPÉRIMENTALES

DE LA

PROPAGATION DES ONDES DANS LES DIÉLECTRIQUES

ET LEUR INTERPRÉTATION

PAR

A. TURPAIN

Nous n'avons pas à décrire à nouveau ici les expériences désormais classiques sur lesquelles Hertz a fondé son admirable découverte des ondulations électriques exposée par lui-même aux lecteurs des *Archives* [1] et nous arrivons tout de suite aux points que nous avons plus spécialement étudiés.

I

L'espace environnant un excitateur en activité, espace dans lequel un résonateur est susceptible de fonctionner constitue ce que l'on nomme le *champ Hertzien* créé par cet excitateur.

On peut concentrer le champ hertzien à l'aide de deux longs fils de cuivre parallèles tendus à partir de l'excita-

[1] *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1889, t. XXI, p. 281.

teur et partant de plaques métalliques parallèles aux plateaux de l'excitateur (fig. 1 et 2).

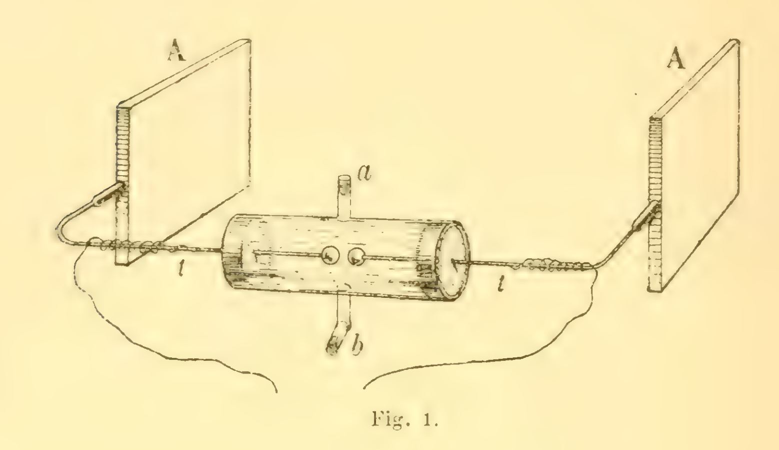


Fig. 1.

Dans ces conditions, un résonateur dont le plan est maintenu perpendiculaire à la direction des fils et qui est graduellement éloigné de l'excitateur présente, comme l'a montré Hertz, des alternatives de fonctionnement et d'extinction dans des régions fixes et bien déterminées, à partir de l'extrémité isolée des fils, et séparées par un intervalle constant.

Le résonateur met ainsi en évidence les *ondes électriques stationnaires* déterminées dans le champ hertzien par la réflexion des ondulations électriques à l'extrémité des deux fils conducteurs qui y sont tendus.

On nomme *longueur d'onde* de ces ondulations le double de la distance qui sépare deux sections ventrales consécutives.

Tels sont les phénomènes présentés par un résonateur déplacé dans le champ lorsque son plan est maintenu perpendiculaire à la direction des fils. Nous désignerons cette position du résonateur par un numéro, nous l'appellerons *position I.*

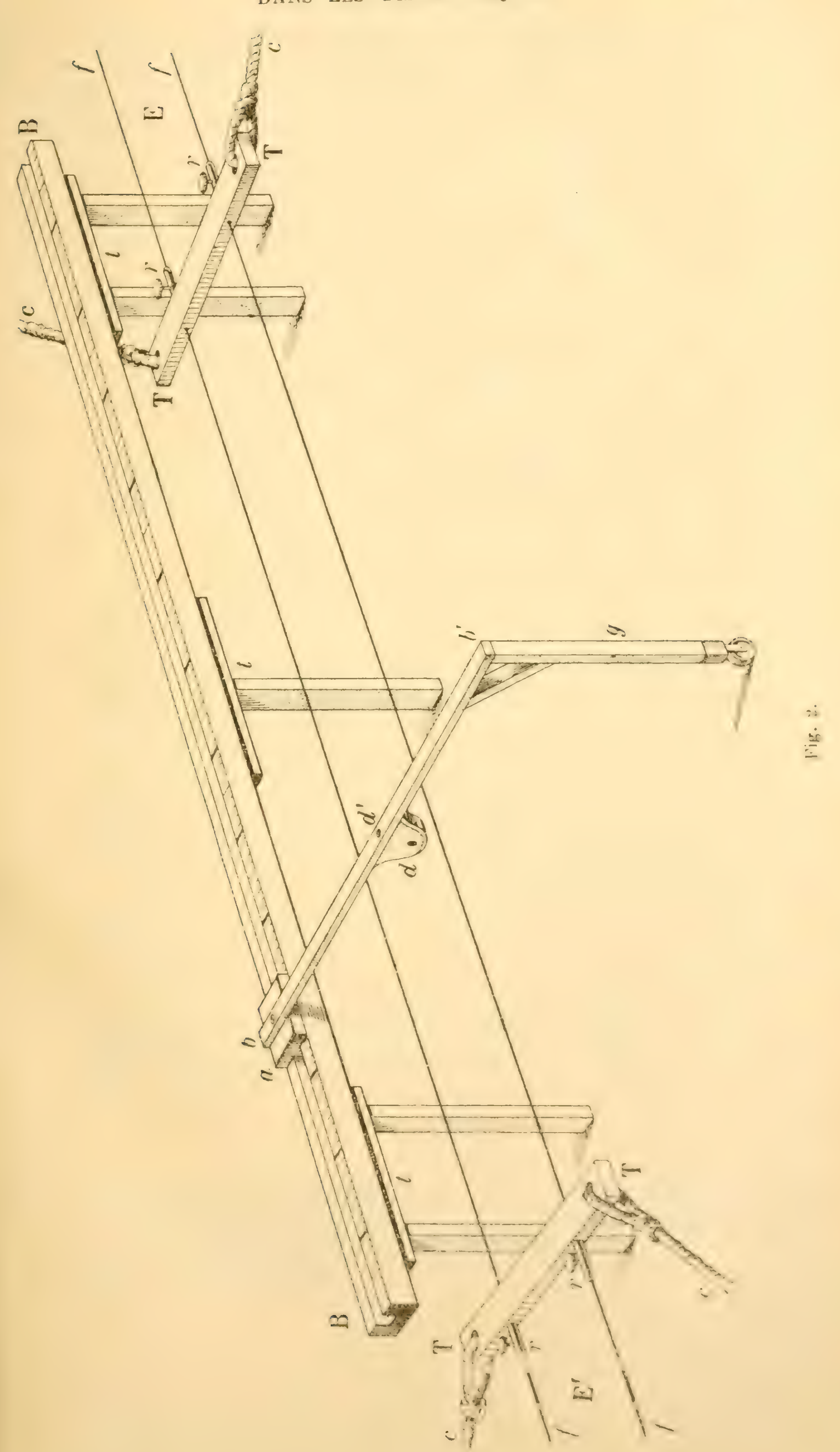


Fig. 2.

Au lieu de déplacer le résonateur en maintenant son plan perpendiculaire à la direction des fils, on peut le déplacer en assujettissant son plan à demeurer parallèle au plan même des fils. Nous désignerons cette situation du résonateur sous la rubrique : *position II.*

Dans ces conditions on observe encore des alternatives de fonctionnement et d'extinction du résonateur correspondant comme précédemment au passage successif par les sections ventrales et par les sections nodales.

La distance qui sépare deux sections successives est ici encore constante et les segments déterminés par ces sections sont de même longueur que ceux que détermine le déplacement du résonateur maintenu dans la position I.

Toutefois une différence capitale distingue ces deux modes d'investigation du champ par le résonateur. On constate que les sections ventrales de la position I coïncident avec les sections nodales de la position II.

En résumé, le résonateur maintenu dans la position II fonctionne aux points où il demeurait éteint dans la position I et il reste éteint aux points où il fonctionnait précédemment. Il y a *interversion* des sections ventrales et des sections nodales.

Cette investigation conduit aux deux lois expérimentales suivantes :

1° *Les longueurs d'ondes des ondulations électriques qui excitent un même résonateur maintenu successivement dans les deux positions I et II sont égales.*

$$l_{I} = l_{II}$$

2° *Les sections ventrales de la position I coïncident avec les sections nodales de la position II et inversement.*

$$V_{I} = N_{II} \qquad N_{I} = V_{II}$$

Telles sont les conclusions auxquelles conduit l'étude du champ hertzien concentré par deux fils tendus dans l'air.

Que devient cette double série de sections alternativement nodales et ventrales que décèle un résonateur maintenu dans la position I puis dans la position II lorsqu'on change la nature du milieu entourant les deux fils tendus dans le champ?

Pour répondre à cette question il faut répéter au sein d'un diélectrique autre que l'air les expériences précédentes réalisées dans l'air. Il suffit pour cela de disposer les deux fils à l'intérieur d'un réservoir contenant le diélectrique que l'on se propose d'étudier.

En adoptant ce plan d'expérience on est conduit dans le cas de l'huile de pétrole aux deux lois suivantes :

1° *Les longueurs d'onde que décèlent un même résonateur maintenu dans la position I au sein de l'air et au sein de l'huile sont* DIFFÉRENTES.

2° *Les longueurs d'ondes que décèle un même résonateur maintenu dans la position II au sein de l'air et au sein de l'huile sont* ÉGALES.

On constate que dans l'espace dans lequel s'étagent pour la position I et dans le cas de l'air, *cinq* longueurs d'onde s'étagent, dans le cas de l'huile, *sept* longueurs d'onde pour la même position du résonateur. Si bien qu'entre ces deux longueurs d'onde l_I dans l'air et l'_I dans l'huile existe le rapport.

$$\frac{l_I}{l'_I} = 1,4$$

Ce nombre est à peu près égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique de l'huile de pétrole.

Les lois précédentes peuvent donc s'énoncer.

1° *Les longueurs d'ondes des oscillations électriques qui excitent un résonateur donné placé dans la position II sont les mêmes dans l'air et dans l'huile.*

2° *Pour les oscillations qui excitent le résonateur dans la position I le rapport de la longueur d'onde dans l'air à la longueur d'onde dans l'huile est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique de l'huile.*

Toutefois la valeur même de cette racine carrée, valeur peu supérieure à 1 peut laisser un doute sur la légitimité de l'énoncé que nous venons de donner.

Si l'on peut affirmer en effet que le rapport de la première longueur d'onde à la seconde est supérieur à 1, il est téméraire d'assurer qu'il est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique de l'huile.

Le pouvoir inducteur spécifique de l'eau est voisin de 64, sa racine carrée est donc voisine de 8; si donc la loi dubitativement énoncée relativement à l'huile est exacte, un résonateur maintenu daus la position I fournira dans l'air une longueur d'onde huit fois plus grande que dans l'eau. Au contraire placé dans la position II, il fournira la même longueur d'onde dans l'air et dans l'eau.

Ces conséquences sont susceptibles d'être soumises à un contrôle expérimental décisif.

Si l'on déplace un résonateur maintenu dans la position I dans le champ concentré par deux fils plongés dans l'eau on constate que sur la distance qu'occupe une longueur d'onde lorsque le réservoir contient de l'air s'étagent lorsqu'il est plein d'eau sept à huit longueurs d'onde.

Dans la position II par contre le résonateur est bien

excité par des oscillations de même longueur d'onde dans l'air et dans l'eau.

L'expérience permet donc d'énoncer relativement à la propagation des oscillations électriques dans les diélectriques les deux lois suivantes :

1° *Les longueurs d'onde des oscillations qui excitent un résonateur de Hertz placé dans la position II sont les mêmes dans l'air et dans un diélectrique.*

2° *Pour les oscillations qui excitent le résonateur de Hertz dans la position I, le rapport de la longueur d'onde dans l'air à la longueur d'onde dans un diélectrique est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique.*

II

Deux théories se disputent l'honneur de prévoir les lois de la propagation des oscillations électriques. La première édifiée par von Helmholz, complétée par M. Duhem offre l'avantage de rattacher l'interprétation des expériences hertziennes aux doctrines classiques de l'électricité.

La seconde proposée par Maxwell nécessite le rejet de toutes ces doctrines ; elle oblige à les remanier complètement si l'on veut interpréter les phénomènes de l'électrostatique.

Depuis que Hertz a appris à produire aisément des oscillations électriques et à observer leur propagation, de nombreuses recherches expérimentales ont été entreprises dans le but de confirmer ou d'infirmer l'une de ces deux théories.

Les résultats de ces recherches ont conduit leurs auteurs à énoncer des lois qui sont en apparence contra-

dictoires. Les expérimentateurs ont alors pris rang tantôt parmi les défenseurs de la théorie d'Helmholtz, le plus souvent parmi les protagonistes de celle de Maxwell, suivant les conclusions qu'ils déduisaient de leurs expériences.

Pour discuter la légitimité de ces conclusions, il faut énoncer les hypothèses des deux théories adverses ainsi que les lois auxquelles ces hypothèses conduisent. En comparant ensuite à ces énoncés les lois expérimentales *immédiates* qui résument les expériences entreprises sur la propagation des oscillations électriques, on peut se rendre compte des hypothèses nouvelles introduites par les expérimentateurs pour amener leurs expériences à vérifier l'une ou l'autre des deux théories en présence.

Maxwell suppose la propagation dans les diélectriques de flux de déplacement exclusivement transversaux. Cette hypothèse lui est suggérée par le désir de soumettre au même mécanisme les phénomènes lumineux et les phénomènes électriques.

Cette hypothèses le conduit à énoncer les lois théoriques suivantes :

1° *La vitesse V_0 de propagation dans le vide des flux électriques de déplacement* (flux transversaux) *est égale à la vitesse U de la lumière dans le vide.*

$$V_0 = U$$

2° *Dans un diélectrique, la vitesse de propagation V des flux de déplacement* (flux transversaux) *est en raison inverse de la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique K du diélectrique.*

$$\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

La théorie de Helmholtz suppose la propagation dans les diélectriques de flux de déplacement transversaux et celle de flux de déplacement longitudinaux.

Cette théorie convenablement modifiée par M. Duhem [1] l'a conduit à énoncer les lois suivantes que nous nommerons lois de Helmholtz-Duhem.

1° *Les flux électriques longitudinaux se propagent dans tous les diélectriques avec la même vitesse V qui est celle U de la lumière dans le vide.*

$$V = V_0 = U$$

2° *Les flux électriques transversaux se propagent dans le vide* (et pratiquement dans l'air) *avec la même vitesse v_0 que les flux longitudinaux.*

$$v_0 = V_0$$

3° *Dans un diélectrique la vitesse de propagation v des flux transversaux est en raison inverse de la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique K du diélectrique.*

$$\frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

La deuxième loi de Helmholtz-Duhem se ramène en définitive à la première loi de Maxwell.

La troisième loi de Helmholtz-Duhem est identique à la deuxième loi de Maxwell.

Quant à la première loi de Helmholtz-Duhem elle n'a pas son équivalent dans la théorie de Maxwell qui n'admet pas de flux de déplacement longitudinaux.

[1] P. Duhem. Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes (*L'éclairage électrique*, t. IV, p. 494, 1895). Sur l'équivalence des flux de conduction et des flux de déplacement (Ibid., 1896).

Les belles expériences de M. Blondlot [1] sur la vitesse de la propagation des ondes électromagnétiques dans l'air concordent indifféremment avec la deuxième loi de Helmholtz-Duhem et avec la première loi de Maxwell.

Quels résultats susceptibles de confirmer ou d'infirmer les autres lois théoriques, l'expérience fournit-elle ?

Les expériences effectuées par MM. L. Arons et H. Rubens [2] sur l'huile de pétrole, par MM Cohn et Zeemann [3] sur l'eau conduisent à la loi expérimentale suivante :

Pour les oscillations qui excitent un même résonateur, le rapport de la longueur d'onde l dans l'air à la longueur d'onde l' dans un diélectrique est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique par rapport à l'air.

$$\frac{l}{l'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

l, l' désignant les longueurs d'ondes observées sans présumer si elles se rapportent à des flux transversaux ou à des flux longitudinaux.

L'étude de l'huile de ricin a conduit d'autre part M. Blondlot à énoncer la loi suivante [4] :

Un résonateur étant donné, la longueur des ondes qu'il décèle reste la même quel que soit le milieu dans lequel l'expérience est faite.

$$l = l'$$

Ces lois expérimentales peuvent être indifféremment

[1] R. Blondlot. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. 113, p. 628, 9 nov. 1891.

[2] L. Arons et H. Rubens. *Wiedemann's Annalen*, t. 42, p. 581, 1891.

[3] Cohn et Zeemann, Strasbourg, 1893.

[4] R. Blondlot. *Comptes rendus*, t. 115, p. 225, 25 juillet 1892.

invoquées en faveur de la théorie de Maxwell ou en faveur de la théorie d'Helmholtz suivant les hypothèses que l'on admet :

1° Relativement à l'espèce d'ondulations (longitudinales ou transversales) que décèle le résonateur dans chaque expérience.

2° Relativement à la période du résonateur.

Nous désignerons par λ la longueur d'onde des oscillations transversales, par t leur période. On a pour deux diélectriques différents :

$$\lambda = v\,t$$
$$\lambda' = v'\,t'$$

Nous désignerons par Λ la longueur d'onde des oscillations longitudinales, par T leur période. On a donc pour deux diélectriques différents.

$$\Lambda = V\,T$$
$$\Lambda' = V'\,T'$$

1° Supposons que dans les expériences précédentes les oscillations transversales seules aient été décelées,

$$l = \lambda$$

ce qu'on devra nécessairement admettre si l'on tient pour la théorie de Maxwell.

Les expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann et de M. Blondlot ont été faites en plongeant le résonateur dans le milieu étudié (huile, eau) qui entourait les fils de concentration du champ. On peut donc se demander si l'on doit supposer que la période du résonateur est *indépendante de la nature du milieu* qui le baigne ou bien que la période du résonateur *dépend de la nature du milieu* qui le baigne.

Acceptons la première hypothèse,

$$t = t'$$

Nous déduisons des expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann :

$$\frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

Cette conclusion concorde avec la deuxième loi de Maxwell, avec la troisième loi de Helmholtz-Duhem.

Nous déduisons des expériences de M. Blondlot

$$v = v'$$

conclusion qui contredit la théorie de Maxwell ainsi que la théorie d'Helmholtz,

Acceptons la deuxième hypothèse, la période du résonateur dépend du milieu qui le baigne, et supposons, comme M. Blondlot croit pouvoir le déduire de la formule de Thomson, que la période soit en raison inverse de la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique.

$$\frac{t}{t'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

Les expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann nous conduisent à écrire

$$v = v'$$

conclusion qui concorde avec la deuxième loi de Maxwell, avec la troisième loi de Helmholtz-Duhem.

C'est cette conclusion que M. Blondlot tire de ses expériences.

2° Supposons en second lieu que dans les expériences

que nous analysons les oscillations longitudinales seules aient été décelées

$$l = \Lambda$$

Et acceptons la première hypothèse relativement à la période du résonateur.

$$T = T'$$

Nous déduisons des expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann

$$\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

conclusion sans interprétation dans la théorie de Maxwell et en désaccord avec la première loi de Helmholtz-Duhem.

Nous déduisons des expériences de M. Blondlot :

$$V = V'$$

conclusion sans interprétation dans la théorie de Maxwell et qui concorde avec la première loi de Helmholtz-Duhem.

Si nous acceptons la deuxième hypothèse relative à la période du résonateur :

$$\frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

les expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann conduisent à écrire

$$V = V'$$

conclusion sans interprétation dans la théorie de Maxwell et qui concorde avec la première loi de Helmholtz-Duhem.

Les expériences de M. Blondlot conduisent alors à écrire.

$$\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

conclusion sans interprétation dans la théorie de Maxwell et en désaccord avec la théorie d'Helmholtz.

En résumé, suivant les hypothèses admises, aussi plausibles les unes que les autres, les expériences de MM. L. Arons et H. Rubens, de MM. Cohn et Zeemann d'une part, celles de M. Blondlot d'autre ·part, confirment ou infirment l'une des deux théories en présence. De plus, les premières expériences semblent en contradiction avec les secondes, les premières vérifiant l'une des théories quand les secondes l'infirment et inversément.

L'interprétation des expériences que nous avons entreprises sur ce sujet et dont nous indiquons les résultats plus haut ne prête pas, croyons-nous, à une semblable ambiguité.

Le détail de ces expériences a été récemment publié [1]. Nous nous contenterons ici de rappeler le dispositif employé, parce qu'il permet de fixer l'hypothèse à admettre concernant la période du résonateur.

Dans un premier dispositif un même résonateur est placé à l'intérieur d'une cuve oblongue traversée dans le sens de la longueur (4 mètres) par les fils concentrant le champ dans les deux positions successives I et II. On effectue avec ce résonateur deux séries de mesures : pendant la première le réservoir ne contient que de l'air ;

[1] Recherches expérimentales sur les oscillations électriques Paris, A. Hermann, 1899.

lors de la seconde le réservoir est rempli du liquide étudié (huile, eau)[1].

Dans un second dispositif les deux fils tendus à l'intérieur du réservoir ne sont pas reliés aux plaques de concentration du champ parallèles aux plateaux de l'excitateur dès leur sortie du réservoir. Ils sont tendus à l'extérieur du réservoir (fig. 3) sur une longueur de trois mètres avant d'arriver au voisinage de l'excitateur qui se trouve ainsi éloigné à trois mètres du réservoir.

Un résonateur placé successivement dans les positions I et II (la figure le suppose placé dans la position I), est disposé dans l'air dans une région située entre le réservoir et l'excitateur et à une distance de la paroi extérieure du réservoir égale au quart de la longueur d'onde des oscillations qui excitent ce résonateur dans l'air. Dans ces conditions, un pont mobile placé au voisinage du résonateur le rend muet, le même pont disposé contre la paroi même du réservoir excite le résonateur.

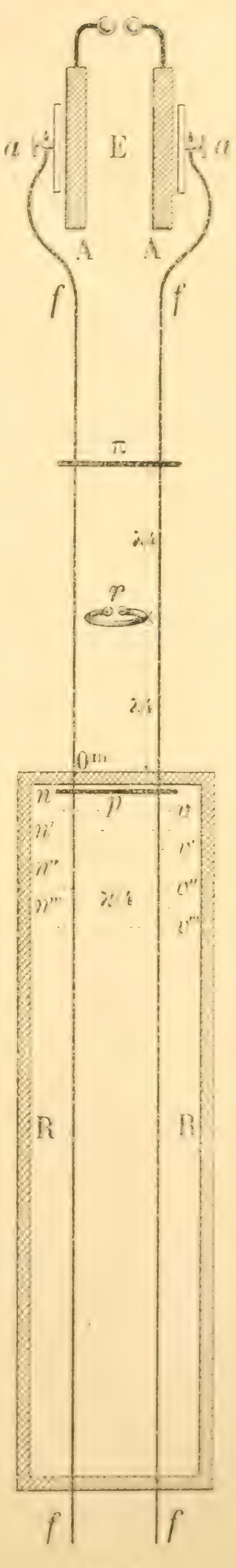


Fig. 3.

[1] Ces expériences ont été faites à la Station centrale d'électricité de Bordeaux les Chartrons, dont le directeur M. Renous, à très aimablement mis à notre disposition les ressources. L'huile de pétrole employée sert dans l'industrie à l'entretien des machines dynamo électriques. La grande quantité d'huile (250 litres) que nécessitent ces recherches a été gracieusement mise à notre disposition par M. Renous.

Pour empêcher une action gênante de l'excitateur, on dispose en avant du résonateur, entre l'appareil et l'excitateur, un pont π établi à une distance du résonateur égale au quart de la longueur d'onde des oscillations qui l'excitent.

En déplaçant un pont mobile p dans le réservoir on détermine avec précision les sections nodales et les sections ventrales, partant les longueurs d'onde. On constate alors que lorsque le résonateur est dans la position I, dans la longueur qu'occupe une concamération lorsque le réservoir est vide, s'étagent, dès qu'il est plein d'eau, sept à huit concamérations. Lorsque le résonateur est dans la position II, le pont mobile p déplacé dans le réservoir indique des concamérations égales que le réservoir soit vide ou qu'il soit rempli de liquide.

Les lois expérimentales auxquelles nous ont conduit ces expériences sont celles que nous avons énoncées plus haut. Elles sont résumées dans les énoncés suivants :

Les longueurs d'onde des oscillations qui, dans l'air, excitent un même résonateur placé soit dans la position I soit dans la position II sont les mêmes.

$$l_{\text{I}} = l_{\text{II}}$$

Les longueurs d'onde l_{II} l'_{II} des oscillations qui excitent un résonateur de Hertz placé dans la position II sont les mêmes dans l'air et dans un diélectrique autre que l'air.

$$l_{\text{II}} = l'_{\text{II}}$$

Pour les oscillations qui excitent le résonateur de Hertz dans la position I le rapport de la longueur d'onde l_{I} dans l'air à la longueur d'onde l'_{I} dans un diélectrique autre que

l'air est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique par rapport à l'air.

$$\frac{l_I}{l'_I} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

Pour interpréter ces lois il faut ici encore faire choix d'hypothèses relativement à l'espèce d'oscillations qui excitent le résonateur dans les deux positions différentes

Nous admettrons que :

1° Le résonateur de Hertz placé dans la position I n'est excité que par des flux transversaux

$$l_I = \lambda$$

2° Le résonateur de Hertz placé dans la position II n'est excité que par les flux longitudinaux

$$l_{II} = \Lambda$$

Nous ne pouvons plus hésiter touchant le choix à faire concernant l'hypothèse relative à la période du résonateur.

Le second dispositif que nous employons, et c'est là son avantage sur ceux de MM. Cohn et Zeemann, de M. Blondlot, nous *oblige* à considérer la période du résonateur comme indépendante de la nature du milieu qui le baigne. Dans ce dispositif, en effet, le résonateur demeure constamment placé dans l'air pendant que le pont mobile est déplacé dans l'air et lorsque le pont mobile est déplacé dans le milieu étudié.

Nous *devons* donc admettre que

$$t = t'$$
$$T = T'$$

Nos expériences nous conduisent alors à écrire

$$V_0 = v_0$$

ce qui est conforme à la deuxième loi de Helmholtz-Duhem;

$$\frac{v}{v'} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

conclusion qui concorde avec la troisième loi de Helmholtz-Duhem, avec la deuxième loi de Maxwell et

$$V = V'$$

conclusion qui concorde avec la première loi de Helmholtz-Duhem et qui n'est pas explicable dans la théorie de Maxwell.

Nous ferons remarquer que la deuxième loi expérimentale que nous énonçons :

$$l_{II} = l'_{II}$$

est conforme aux déterminations faites par M. Blondlot, si l'on admet que *le résonateur de M. Blondlot fonctionne comme un résonateur de Hertz placé dans la position II.* Nous avons vérifié cette hypothèse par une expérience directe.

La troisième loi expérimentale que nous énonçons :

$$\frac{l_I}{l'_I} = \sqrt{\frac{K'}{K}}$$

est conforme aux déterminations faites par MM. Cohn et Zeemann si l'on admet que *le résonateur de MM. Cohn et Zeemann fonctionne comme un résonateur de Hertz placé*

dans la position I. Nous avons également vérifié cette supposition par une expérience directe.

Nos expériences montrent donc en définitive que la contradiction entre les déterminations de MM. Arons et Rubens, Cohn et Zeemann et celles de M. Blondlot n'est qu'apparente.

Elles apportent de plus en permettant de fixer l'hypothèse à admettre concernant la période du résonateur, une confirmation de la théorie de Helmholtz-Duhem

SUR LA CONSTATATION

DE LA

FLUORESCENCE DE L'ALUMINIUM

ET DU

MAGNÉSIUM

DANS L'EAU ET DANS L'ALCOOL

SOUS

l'action des courants de la bobine d'induction [1]

PAR

Thomas TOMMASINA

Au mois de juillet dernier, j'avais entrevu une faible fluorescence dans l'extrémité la plus large d'un tube focus rempli d'eau distillée en regardant dans la direction du disque cathodique qui se trouvait à l'autre extrémité. J'ai repris l'étude de ce phénomène avec un tube ovoïde, de ceux créés par Crookes pour observer la phosphorescence de différents corps, dans l'air raréfié, sous l'action des rayons cathodiques.

Dans cette ampoule remplie d'eau distillée, les électrodes en aluminium situées du même côté et formant deux miroirs concaves ont été reliées au pôle positif, tandis qu'un fil de platine servait de cathode. Ayant fait l'obscu-

[1] Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris, séance du 4 décembre 1899.

rité dans la salle, j'ai vu que les deux miroirs étaient devenus fluorescents. En augmentant l'intensité du courant, la lueur devint assez brillante pour illuminer non seulement l'eau et le verre de l'ampoule, mais aussi les objets proches. Ayant remplacé le fil de platine par un fil d'aluminium, je l'ai vu devenir lumineux, en même temps que les disques, lesquels, comme le fil, étaient recouverts d'un grand nombre de petites bulles gazeuses avec de minuscules étincelles; mais la fluorescence existait aussi dans les endroits où il n'y avait ni étincelles ni bulles. La luminosité ayant un caractère pulsatoire très prononcé, en faisant les interruptions du primaire à la main, j'ai constaté que l'extra-courant direct d'ouverture rendait lumineuse l'anode et celui de fermeture la cathode; c'est donc une fluorescence anodique. Bien que les deux électrodes semblent lumineuses en même temps, l'action est alternative en réalité.

En approchant dans différentes positions un écran au platino-cyanure de baryum, je n'ai pas aperçu de fluorescence. J'ai pu au contraire, dans l'obscurité absolue, photographier l'ampoule, dont les deux miroirs ont donné une faible image en quatre minutes de pose, et une très bonne en trente-deux minutes; dans cette dernière on voit, bien que très légèrement marqué, le contour de l'ampoule et un des fils conducteurs externes.

Pour étudier le phénomène en variant les métaux et les liquides, j'ai adopté un récipient cylindrique en verre, dans lequel plongent parallèlement deux fils ou deux lames métalliques.

Seuls, l'aluminium et, à un degré moindre, le magnésium deviennent lumineux. Le platine, l'argent, le cuivre, le laiton, le zinc, l'étain ne semblent rien produire. Pour

les deux premiers, j'ai constaté aussi que la fluorescence augmente et devient plus blanche avec l'intensité du courant et diminue avec l'augmentation de la surface des électrodes.

Dans un voltamètre, contenant deux lames rectangulaires de platine disposées parallèlement et fixées au fond par des conducteurs les reliant chacune à un serre-fils extérieur, j'ai placé entre les lames de platine une lame mince en aluminium. Faisant anode celle-ci et cathode l'une des lames de platine, l'aluminium ne devenait lumineux que sur la face en regard de la lame de platine en circuit. Lorsque les électrodes de platine étaient toutes les deux reliées au pôle négatif, l'anode d'aluminium devenait lumineuse sur ses deux faces. En laissant comme écran la lame d'aluminium hors circuit, l'une des lames de platine étant anode et l'autre cathode, j'ai vu la lame d'aluminium devenir encore lumineuse des deux côtes si elle était disposée parallélement, et seulement dans les parties les plus proches des électrodes de platine lorsqu'elle était hors de l'espace compris entre les premières et disposée normalement aux mêmes.

Pour éviter les réflexions des parois en verre, j'ai répété les expériences dans une grande cuve rectangulaire en ébonite que j'ai divisée en long par une paroi étanche en fer-blanc épais.

Les deux compartiments remplis d'eau ordinaire ont reçu chacun un fil d'aluminium, reliés l'un au pôle positif et l'autre au négatif de la bobine. Immédiatement les parties immergées des deux fils devinrent lumineuses avec dégagement de bulles gazeuses qui montaient à la surface, mais celles-ci sans aucune lueur visible. Ayant substitué à la lueur métallique une autre lame en verre,

j'ai encore observé la fluorescence des deux fils immergés un de chaque côté de la lame de verre sans la toucher.

Une série d'expériences avec l'aluminium et le magnésium m'ont permis de constater que la lueur se manifeste même si les lames ont été polies, mais qu'elle se produit plus vite lorsque les lames, ayant déjà servi, sont couvertes d'une légère couche d'oxyde : dans ce cas, la lueur est plus vive. Ayant enlevé l'oxyde sur une partie d'une lame, j'ai observé que la partie polie devenait bien moins lumineuse que celle recouverte d'oxyde. On pourrait en déduire que l'oxyde joue un rôle, et même que c'est lui qui devient fluorescent.

Quant aux liquides dans lesquels le phénomène se manifeste, les meilleurs sont l'eau distillée et l'alcool ; viennent ensuite l'eau ordinaire et même l'eau contenant quelques gouttes d'acide sulfurique. Dans les huiles diélectriques telles que la vaseline, le pétrole, etc., je n'ai rien pu obtenir.

Comme explication du phénomène, je serais disposé à admettre qu'il est produit pendant l'électrolyse par les décharges successives dans les deux sens, entre le métal et le liquide à travers la mince couche très diélectrique formée par l'oxyde. Le passage du flux électrique à travers l'oxyde serait la cause directe de la fluorescence.

Genève, Laboratoire de Physique de l'Université, décembre 1899.

LES
PROGRÈS DE LA GÉOLOGIE
EN SUISSE
PENDANT L'ANNÉE 1898

PAR

H. SCHARDT

Nécrologie géologique. La géologie de la Suisse a perdu pendant l'année 1898 plusieurs de ses anciens adeptes et parmi eux des savants qui ont fortement contribué à son développement :

Aug. DE MONTMOLLIN (1808-1898) était le doyen des géologues suisses bien que depuis près de 50 ans il n'ait plus fait parler de lui, s'étant presque désintéressé de la science qu'il avait pratiquée avec tant de succès pendant sa jeunesse. *M. de Tribolet* [1] a consacré quelques lignes à sa mémoire.

Avec le Dr Fr. LANG (1820-1898) disparaît un des hommes les plus sympathiques et les plus respectés parmi les géologues suisses. Ce savant de mérite a été pendant plus de 50 ans professeur à l'école cantonale de Soleure qu'il a dirigée pendant longtemps comme recteur.

[1] *Actes Soc. helv. sc. nat.*, Berne 1898, 320. — *Bull. Soc. Neuch. sc. nat.*, 1898. XXVI, 367-386.

Ses études personnelles ont été limitées à la région du Jura soleurois, mais Lang a activement contribué au développement de la géologie dans notre pays comme membre puis comme président de la commission géologique. Son activité s'est continuée jusqu'à ses derniers jours.

Casimir Mœsch († 1898) a été un des collaborateurs les plus féconds de la carte géologique suisse. Ses premiers travaux se rapportent au Jura argovien et contiennent des observations précises sur la stratigraphie de la région. Il publia ensuite une remarquable monographie du genre Pholadomya. Enfin il explora pendant de longues années les Alpes calcaires de la Suisse centrale et orientale et réussit, grâce à ses connaissances stratigraphiques approfondies, à y reconnaître dans le système jurassique et crétacique une série de niveaux bien caractérisés. Les résultats de ses recherches sont exposés dans cinq volumes des matériaux pour la carte géologique de la Suisse (Livr. IV, X, XIV^{III}, XXI^{II}, XXIV) et sur les feuilles III, IX, XIII et XVIII de la carte au 1 : 100,000.

Jules Marcou (1824-1898) étudia à Paris, puis fit plusieurs expéditions scientifiques en Amérique, soit en mission du Jardin des plantes, soit comme ingénieur des mines. Il professa de 1856 à 1858 la géologie au polytechnicum de Zurich, mais ne tarda pas à retourner en Amérique, où il se fixa définitivement. Ses premiers travaux se rapportent à la stratigraphie du Jura; plus tard il se fit une réputation universelle comme écrivain polémiste, toujours prêt à prendre la plume, dès qu'il voyait une erreur à combattre.

Signalons en terminant cette nécrologie une collection d'œuvres diverses de L. Rutimeyer avec une autobio-

graphie de ce savant parue dernièrement grâce aux soins de M. H. G. Stehlin [1], et la publication de la biographie de Léon Du Pasquier par M. de Tribolet [2] dans les Mat. pour la carte géologique destinée à rendre hommage à la mémoire de notre si regretté collègue.

I

TECTONIQUE

M. Heim [3] dans une étude comparative des Alpes et du Caucase, fait ressortir les contrastes frappants qui distinguent ces deux systèmes de montagnes. Au Caucase les flancs de la chaîne sont moins inclinés, moins abrupts que dans les Alpes. Les vallées y ont des pentes uniformes sans ressauts et ne présentent par conséquent ni cascades, ni rapides. Les forêts n'existent que sur les flancs extérieurs.

Au point de vue pétrographique et stratigraphique il faut tout d'abord constater l'absence au Caucase de massifs gneissiques et cristallophylliens qui y sont remplacés par de puissantes assises de sédiments paléozoïques. Le trias y fait défaut, le jurassique y offre un faciès différent de celui des Alpes et la craie n'y joue qu'un rôle peu important. Quant au tertiaire les assises sarmatiques rappellent seules quelque peu la mollasse.

Les roches éruptives se groupent au Caucase autour

[1] H. G. Stehlin. L. Rutimeyer. *Gesammelte Kleine Schriften*, 2 vol., Bâle, Georg et Ce, 1898.

[2] Matt. *Carte géol. Suisse*, XXVIII, 1898.

[3] *Vierteljahrschrift d. Naturf. Gesellsch*, Zurich XLIII, 1898, 25-45 1 Pl.

d'un seul massif central de granit; soit le granit soit les formations paléozoïques sont parcourues par de nombreux filons appartenant surtout à des roches basiques. L'on trouve en outre dans cette chaîne des émissions volcaniques récentes qui manquent dans les Alpes.

Au point de vue tectonique, tandis que les Alpes présentent une succession de plis profonds, formant d'innombrables noyaux cristallins, il n'y a au Caucase qu'une zône granitique correspondant à un seul pli. La structure des flancs de cette dernière chaîne est relativement très simple, les plis couchés et superposés en lacets y faisant défaut. Le versant sud seul offre des couches renversées et un pli chevauché oblitérant le crétacique.

Les sédiments sont concordants au Caucase du paléozoïque au tertiaire. Le plissement a donc commencé ici bien plus tard que dans les Alpes. D'autre part, tandis que, leur plissement achevé, les Alpes se sont affaissées en formant les lacs marginaux, le Caucase a vu naître une activité volcanique intense qui fut peut-être la cause de son non affaissement (?).

Alpes

Alpes calcaires.

M. Etienne Ritter [1] a publié une note se rapportant à la tectonique de la région du Haut Giffre entre la vallée de l'Arve et la chaîne des Dents du Midi. On sait que la racine des plis des Alpes d'Annecy (chaîne d'Areu, du Jalouvre, etc...) est formée par les plis triasiques et

[1] *Bull. Carte géol. de France*, nº 61, X, 1898, 22 p., 8 fig., 3 pl.

liasiques du Mont-Joly, ainsi que l'auteur l'a démontré et que d'autre part les plis triasiques du Prarion, qui sont le prolongement de ceux du Mont Joly, forment les noyaux des plis couchés jurassiques et crétaciques compris entre la vallée de l'Arve et du Giffre. Des six plis du Mont Joly-Prarion deux se confondent vers l'est, un troisième disparaît par lamination, un autre s'enfonce sous le niveau de la vallée de l'Arve, ne réapparaissant qu'au fond du cirque en fer à cheval de Sixte. Il ne reste donc visibles que les deux plis supérieurs, qui sont bien indiqués dans le désert de Platé. Au NE du Giffre le pli supérieur a été enlevé par érosion, mais reste pourtant encore indiqué au sommet du Pic Tanneverge. L'avant-dernier forme ainsi les Avoudruz, la voûte culbutée des Dents Blanches et l'anticlinal couché des Dents du Midi et des Tours-Salières.

En même temps le synclinal tertiaire qui sépare ce pli de celui qui est au-dessous s'invagine dans des proportions énormes de sorte que le massif des Tours-Salières-Dent du Midi semble reposer sur un socle tertiaire.

Il est intéressant de relever encore l'abaissement notable de l'axe des plis sur le parcours du massif de Platé tandis que ces plis se relèvent de part et d'autre vers le NE et vers le SO.

M. SCHARDT [1] a publié un travail d'ensemble sur la région des Préalpes et des Klippes qu'il nomme « régions exotiques », reprenant un sujet dont la *Revue Géologique* a eu déjà fréquemment à s'occuper et développant une

[1] *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, t. XXXIV, 1898, 105 p., 1 pl. avec profil et carte synthétique. *Bull. Soc. neuchâteloise de Géographie*, XI, 1899, 28 p., 1 pl., *Eclogæ geol. helv.* V., 233-253, 1 pl.

explication de l'origine des Préalpes dont les *Archives* ont publié un premier aperçu (déc. 1893).

L'auteur commence par un exposé succinct du problème et de sa solution suivi d'un aperçu historique de la question depuis l'époque où Studer le premier s'en occupa. Il explique ensuite comment il est arrivé à concevoir l'explication qu'il défend actuellement. Celle-ci se résume dans la Loi des Préalpes et des Klippes :

Partout, où dans les Préalpes l'on trouve le substratum du Trias, du Permien ou du Carbonifère, il est formé par un terrain plus récent, ordinairement du tertiaire (Flysch). Autrement dit : sous le terrain le plus ancien des Préalpes et des Klippes on retrouve toujours le terrain constitutif le plus récent, soit du tertiaire.

L'auteur en déduit les postulats suivants :

1° Toute la région des Préalpes romandes (région du Stockhorn et du Chablais) repose partout avec son terrain le plus ancien sur du tertiaire.

2° La brèche du Chablais et les lambeaux de la brèche de la Hornfluh reposent également avec leur assise la plus ancienne sur le Flysch ou le crétacique des Préalpes.

3° Les Klippes jurassiques et triasiques des Alpes d'Unterwald et de Schwytz ainsi que des Alpes d'Annecy reposent aussi partout sur le Flysch avec leur sédiment le plus ancien.

Ces postulats nécessitent l'hypothèse du *charriage lointain* d'une nappe ayant compris l'ensemble des Préalpes et des Klippes, à laquelle s'est superposée en partie une seconde nappe comprenant la région de la brèche du Chablais et de la Hornfluh.

La dernière partie du mémoire résume les arguments que l'on peut tirer de nos connaissances actuelles sur la

stratigraphie et sur la tectonique des Préalpes et des Klippes. L'auteur y répond à certaines attaques et conclut que la question de l'origine des Préalpes constitue un des problèmes les plus beaux qu'il ait été donné à l'homme d'étudier.

M. R. de Girard a publié à l'occasion d'une excursion faite à la suite du *Congrès scientifique international catholique* de Fribourg en 1897 une notice sur les Alpes fribourgeoises. Après une description géologique de la ligne de chemin de fer Fribourg-Romont-Bulle, il passe à la région de Bulle où les plis jurassiques sont profondément entamés par la dépression où passe la Sarine, et expose les divers problèmes qui se rattachent à cette région étrange avec les explications variées qui en ont été données.

La dépression Bulle-Tour de Trême avec ses affaissements jurassiques au contact du Flysch est décrite comme une région d'effrondement comparable au Ries et au Cirque de Steinheim dans le Jura souabe, dans laquelle les affleurements jurassiques représenteraient autant de horsts. Le cours de la Sarine est interrompu par des seuils rocheux qui ont dû surgir pendant le travail d'érosion (Broc, Curbières, Thosy, Fribourg) et qui permettent d'expliquer les divagations qui se trouvent en amont de chacun d'eux.

M. Tobler [1], nous a fourni quelques données stratigraphiques nouvelles sur les Klippes des environs du Lac des Quatre-Cantons. Il y a reconnu la présence des étages suivants : Hettangien, (Stanzerhorn), Lias inférieur

[1] C. R. *Soc. helv. sc. nat.*, Berne 1898, *Arch.* VI, 481, *Ecl. Geol.* T. V, 478.

brèche échinodermique, couches à *Lytoc. tripartitum*, brèche de la Hornfluh. Les facies sont absolument les mêmes que dans la région du Stockhorn.

M. ROTHPLETZ [3] a publié un important mémoire sur la tectonique des Alpes glaronnaises. Il commence par une description des terrains constitutifs de la région dans lesquels il reconnaît de haut en bas.

Flysch oligocène.	
Flysch éocène.	
Sénonien.	Marnes schisteuses de Seewen.
Cénomanien.	Calcaire de Seewen.
Vraconnien.	Cénomanien inférieur.
Albien.	
Aptien et calcaire à Requiénies.	
Barrèmien.	Couches à Toxaster et marnes et calcaires glauconieux.
Hauterivien.	Calcaires siliceux et marnes brûnâtres.
Valangien.	Calcaire spathiques et marnes à *Exogyra Couloni*.
Berriasien.	A *Hopl. occitanicus* et *Aptychus Didayi*.
Malm.	Tithonique. Zone à *Op. tenuilobata*. Zone à *Am. bimammatus*. Couches de Birmensdorf.
Oxfordien.	
Callovien et Bathonien.	
Oolithe ferrugineuse.	
Bajocien.	Calcaire spathique à *Stephan. Humphriesi*.
Opalinien.	Schistes argileux et grès ferrugineux à *Am. Murchisonæ* et *Lioc. opalinum*.

[1] *Das Geotectonische Problem der Glarner Alpen. Iena*, 1898, 251 p. Atlas avec 11 pl.

Lias.	L'on distingue ici 2 faciès et une région où le Lias manque. *Faciès souabe*: calcaire siliceux, calcaire bréchiforme, brèche à échinodermes alternant avec des schistes. *Faciès d'Allgäu* : schistes fortement séricitisés.	
formation de la Sernifite.	Schistes de Quarten. Dolomie du Röti.	Trias?
	Arkoses et Schistes. Conglomérat (Sernifite) avec roches éruptives.	
Gneiss supérieur.	Verrucano gneissoïde.	

M. Rothpletz cherche à expliquer la tectonique étrange de cette région par des recouvrements (Ueberschiebungen) sans plis préexistants et sans flancs médians laminés. La structure des Alpes glaronnaises y compris la chaîne des Churfirsten-Alvier serait due, d'après lui, à la superposition de plusieurs nappes de recouvrement au-dessus d'une nappe basale, ces recouvrements se disposent de la façon suivante :

1° La *nappe basale*, dont les plis sont alignés NE-SO, comprend tous les terrains jusqu'à l'Oligocène; les plis du bord NO sont culbutés et ont la charnière anticlinale plus bas que les pieds.

2° La *nappe de recouvrement glaronnaise* (Gneiss à Eocène) dont les plis décrivent un arc allant du SO au NE en s'alignant d'abord SE-NE puis O-E. L'auteur admet ici une seule nappe continue contrairement à l'hypothèse du double pli de M. Heim (hypothèse Bertrand).

3° La *nappe de recouvrement du Schild* qui est inclinée au N.

4° La *troisième nappe de recouvrement* qui est limitée au sommet du Glärnisch (Nappe d'Uri et de Schwytz).

Les diverses nappes n'existent pas en série complète dans les différentes régions des Alpes glaronnaises et il est même difficile de les identifier partout. Il faut y ajouter encore les nappes des Churfirsten et de l'Alvier.

Pour expliquer cette structure il faut admettre 1° un recouvrement venu de l'E (nappe glaronnaise) avec la nappe du Schild, 2° un recouvrement venu du NO (nappe d'Uri et de Schwytz), 3° un recouvrement venu de l'E comme poussée subséquente de la nappe glaronnaise (nappe de l'Alvier). Ce phénomène de recouvrements successifs a été accompagné et suivi par la formation d'une série de failles dans lesquelles on peut distinguer des failles anciennes et des failles récentes.

Les recouvrements des Alpes glaronnaises sont dus non pas à des phénomènes de plissement, mais à des ruptures de l'écorce terrestre dans des régions fort éloignées de celle où se superposent actuellement les nappes étudiées ici. L'uniformité du plan de superposition est due au rabottement de la nappe glissante : les irrégularités du soubassement ont provoqué des effrondements, des affaissements, même des imbrications multiples et des plis culbutés qui ne sont cependant pas en relations causales avec les recouvrements.

M. Ludwig[1] a fait dans la chaîne de l'Alvier (Alpes de Saint-Gall) une série d'observations nouvelles complétant et rectifiant les données de la carte au 1 : 100000.

[1] *Berichte der St-Gall. naturf. Ges.*, 1896, 294-363. Voir aussi ibid 1894, 1-41.

Alpes cristallines et zone centrale.

Massif du Mont-Blanc.

MM. Duparc et Mrazeç[1] ont publié une monographie complète sur le massif du Mont-Blanc et les phénomènes d'injections et de métamorphisme exercés par la protogine, mais comme un résumé complet de cette publication a déjà paru dans les *Archives* (1898, V, 450-469) nous n'en ferons ici qu'une mention succincte.

La protogine, considérée comme roche éruptive, présente trois types : pegmatoïde, granitoïde et gneissique qui alternent et s'étendent parallèlement au massif granitique. Elle renferme des intercalations schisteuses, des inclusions fragmentaires et exerce, soit sur celles-ci, soit sur la masse cristallophylienne encaissante, une série d'actions qui sont toutes décrites en détail (filons, injections, granulitisation et granitisation).

Sans nier les effets du métamorphisme dynamique, les auteurs font ressortir ce que cette influence ne peut expliquer et les effets de métamorphisme de contact qui peuvent fort bien se distinguer des altérations dynamiques. L'injection magmatique a commencé avec les premières dislocations alors que la masse granitique s'élevait dans la voussure schisteuse en formation. Le massif du Mont-Blanc s'explique ainsi comme un vaste dôme dont l'érosion a découvert le noyau granitique.

M. Pearce[2] a étudié en détail le versant sud du

[1] *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat.*, Genève, t. XXXIII, 227 p., 34 pl.

[2] *Arch. sc. phys. et nat*, Genève 1898, VI, 50-89, 134-159, 257-275, 320-339.

massif du Mont-Blanc et en particulier la protogine avec la zone de porphyres qui s'étend sur ce versant depuis le Mt-Catogne jusqu'au col du Grépillon et à la Montagne de la Saxe. Par une série de profils il a établi la constance de cette zone de porphyres comprise entre la protogine granitique et le manteau sédimentaire triasique et jurassique adossé contre le massif cristallin.

Les trois types, granitoïde, pegmatoïde et gneissique de la protogine se retrouvent sur ce versant; le type granitoïde est le plus acide, les deux autres types doivent leur teneur moins riche en silice à la résorption par leur magma d'une proportion plus ou moins forte des roches de la couverture, cette résorption semblant du reste moins forte sur le versant sud qu'au nord du massif.

Quant aux porphyres et aux aplites, M. Pearce constate qu'aucun d'eux n'a pénétré dans les sédiments. Tandis que les aplites traversent à la fois la protogine et la zone voisine des phorphyres, l'on ne connaît aucun filon de porphyre dans la protogine.

Les sédiments qui reposent sur le massif granitique sont le Carbonifèrien, le Permien, le Trias et le Jurassique. L'Infralias renferme un conglomérat avec débris d'aplite, de phorphyre, de protogine, etc..., le massif avait donc déjà un certain relief à cette époque.

Alpes grisonnes.

M. Tarnuzzer[1] a recherché l'origine des dépôts détritiques très étendus qui couvrent la région de Parpan et de Churwalden. Il y a reconnu des moraines et des

[1] *Kantonsschulprogramm*, Chur 1897-1898.

éboulements ayant dû tomber au moment du retrait des glaciers ou peu après. Il a étudié d'autre part les conglomérats polygéniques du Schwarzhorn de Parpan, analogues à ceux du Falknis.

M. Vaughan-jennings [1] attribue la configuration de la vallée de Davos au fait que des moraines ont barré les deux côtés de ce plateau et donné naissance ainsi à un lac assez étendu dont le lac de Davos actuel n'est qu'un reste. L'abaissement du niveau de ce lac est dû à l'affouillement opéré par la Landwasser dans le barrage morainique inférieur.

Jura

M. Rollier [2], a publié une étude tectonique et stratigraphique du Jura bernois, Il a reconnu dans cette région l'existence de 37 plis distincts se substituant fréquemment les uns aux autres, et distingue d'autre part : 1° une zone de grandes voussures entre le bord interne du Jura et les Franches Montagnes, 2° une zone intermédiaire (clos du Doubs, plateau de Maîche), 3° la zone des chaînes extérieures bordant la région tabulaire. L'auteur cite plusieurs cas de discordances tertiaires bien nettes : à Bressaucourt et dans le val de Délémont, il y a discordance entre le Tongrien et le Rauracien et en outre dans cette dernière vallée il y a discordance soit entre le Délémontien et le Tongrien soit entre ce dernier et le Tortonien. Les dépôts tertiaires s'étendent suivant une zone transversale marquant un abaissement notable du niveau

[1] *Quarterly Journal Geol. Soc.*, London 1898, 279-289.

[2] Deuxième supplément à livr. VII des Mat. p. la Carte géol. suisse, 206 p. 7 pl.

des plis et coïncidant probablement avec une ancienne ligne de communication entre le bassin de Mayence et le bassin suisse. L'auteur décrit ensuite les failles, chevauchements et lambeaux de recouvrement. Une partie de ces derniers proviennent de simples glissements de lambeaux détachés du flanc d'une voûte déjetée. L'auteur est donc opposé à l'explication donnée par M. Mühlberg pour les Klippes de Reigoldswyl, quoique les lambeaux par chevauchement et ceux par glissement soient liés par des passages. Les failles transversales et les décrochements qui affectent la région peuvent s'expliquer par des tassements dans la série des plis.

M. SCHARDT [1] attire l'attention sur la fréquence des renversements dans le Jura à propos du val de Ruz et du vallon de Vallorbes, dont les deux flancs sont renversés. Les chevauchements sont plus fréquents qu'on ne le croit (val de Travers, vallées des Rousses, vallée de Mijoux, etc...)

Dans une autre note le même auteur [2] décrit une lame de trois ou quatre mètres d'épaisseur de calcaire cénomanien inférieur (Rotomagien) enfoncée, avec une lame de calcaire limoniteux du Valangien supérieur, au beau milieu de la marne hauterivienne de Cressier (Jura neuchâtelois). Il croit avoir à faire ici à un lambeau ayant glissé en entraînant le Valangien, sans exclure du reste la position primitivement transgressive du Cénomanien.

[1] C. R. *Soc. Neuchat. Sc. nat.*, 4 février 1898, *Archives* Genève, V, 481.

[2] *Bul. Soc. Neuch. Sc. nat.*, XXV, 1898, 241-250, fig. 5, C. R. Séance du 6 mai 1898.

M. MÜHLBERG [1] constate que la chaîne du Lägern n'est nullement une voûte simple, mais qu'elle présente un chevauchement anticlinal ayant conduit à la formation de vrais lambeaux de recouvrement.

M. ROLLIER [2] revenant sur la question des *poches hauteriviennes* ne peut admettre la formation de celles-ci par le glissement de la marne d'Hauterive dans des excavations du Valangien. Il considère que les brèches de calcaire valangien parlent en faveur d'un remplissage par l'eau et qu'un placage de limonite appliquée contre la paroi de l'une des poches du Rusel près de Bienne ne peut pas s'expliquer mécaniquement. Les miroirs de faille et les brèches de friction se trouvent aussi en dehors des poches; ils ne sont pas nécessairement contemporains mais peuvent être ultérieurs. Les poches avec ouverture en bas ne peuvent pas avoir été remplies pendant le plissement du Jura.

L'auteur attache une grande importance à la répartition géographique de celles-ci et constate que les remplissages des poches, tuyaux, cheminées etc... semblent être plutôt des intrusions sédimentaires anormales dans des vides préexistants par dissolution de la roche ambiante. Leur âge remonte au moins aux temps du sidérolithique avec lequel ce phénomène a plus d'une analogie. Si ces deux phénomènes sont indépendants comme âge, ils ont au moins une origine commune.

FORET NOIRE

M. HUG [3] a fait paraître une belle monographie du

[1] C. R. Soc. helv. Sc. nat., Berne, 1898, *Archives,* VI., 482, *Eclogæ,* V, 477.

[2] Rollier IIe supplément. loc. cit., p. 63.

[3] *Mittheil der Grossh. bad. Landesanstalt,* III, 3, 1897, 381, 2 pl.

Klotz d'Istein un des contreforts de la Fôret Noire, bordant la vallée du Rhin. C'est un massif en forme de plateau à 112 mètres au-dessus du Rhin. Sa surface est légèrement inclinée du côté du SE, et plusieurs failles le découpent en bandes parallèles du NE au SO. L'on y suit même une véritable zone d'effondrement (Graben) attestant une dénivellation d'au moins 50 m.

II

MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

Minéralogie

M. Baumhauer[1] a fait une étude du Rutile du Binnenthal qui forme de belles et intéressantes mâcles résultant de l'association de 2, 9 et même 12 individus. Les cristaux mâclés donnent lieu à des phénomènes optiques très curieux.

Le même[2] a observé que deux lois de mâcles peuvent se rencontrer dans le même cristal et que celui-ci peut présenter par suite une forme incertaine entre deux formes cristallonomiques.

Pétrographie

M. Grubenmann[3] a donné une classification des roches utilisées dans la construction, en vue de créer une classification uniforme. Il les divise en roches silicatées

[1] C. R. Congrès Sc. Cathol. de Fribourg 1897.

[2] *C. R. Soc. helv. Sc. nat.*, 1898, *Archives* VI, 488, *Eclogæ*. V, 482.

[3] *Mittheil. Schweiz. Materialprüfungsanstalt*, Zurich 1898.

(roches granitiques phorphyriques et cristallophylliennes), roches calcaires, argileuses et roches détritiques.

Roches cristallines.

M. G. Bonney [1] a décrit un gisement de pierre ollaire du val d'Aniviers sur Zinal. Cette roche dérive d'une serpentine qui elle-même résulte sans doute d'une péridotite. La richesse en nickel est attribuable à sa teneur en genthite (Sepiolite nickelifère).

M. Bodmer Beder [2] a étudié une série de roches diabasiques des environs de Coire provenant du Weisshorn d'Arolla, du Hörnli et de l'Oberberg d'Arosa. Ces diabases qui tranchent toujours nettement avec les roches ambiantes, forment des massifs ou des filons strates; ils prennent dans les zones de contact des structures boursoufflées, amygdaloïdes, vitrophyriques ou porphyroïdes. L'auteur y distingue :

1° Diabases vitrophyriques, olivino-porphyriques et sphérolitiques formant le faciès marginal.

2° Diabases ophitiques à structure intersertale du type des Tholéites.

3° Diabases à structure hypidiomorphe grenue formant le noyau des massifs et des filons.

Il y ajoute un tuf diabasique. Il décrit en détails les éléments constituants de ces roches, dont l'olivine et le plus caractéristique et le plus ancien ; l'amphibole et la biotite y font toutes deux défaut. Ces roches se rapprochent des mélaphyres.

[1] *Geol. Magazine*, London, 1897, 110.

[2] *N. Jahrb. f. Min. Geol. und Paleont.*, XII, 1898, B. B. 238-267, 31 fig. et 4 pl.

Le calcaire encaissant offre un faciès particulier de métamorphisme, rappelant les cornéennes du type de l'adinole.

III

GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Actions et agents externes

Eboulements.

M. Rollier [1] a décrit divers éboulements et glissements de terrain du Jura bernois, mais n'a pu fixer pour aucun d'eux sa date exacte. Il convient de ranger dans la catégorie des éboulements les roches brisées qui sont des *massifs glissés et fissurés pendant le glissement* et les *crêtes retombées.*

Charriage.

Il résulte des observations de M. Mühlberg [2] que le déplacement des bancs de graviers formant îlots dans les cours d'eau se fait non d'amont en aval, mais au contraire d'aval en amont. L'*érosion* entame constamment ces îlots du côté aval tandis que l'apport des matériaux est localisé du côté amont. Le mouvement des matériaux se fait cependant, comme de juste, d'amont en aval.

Sédimentation.

Il y a lieu de rappeler ici les études de M. Spring [3] sur les matières colorantes à base de fer des sédiments.

[1] *IIe Supplément*, p. 176, loc. cit.
[2] *Mitth. d. Aarg. naturf. Gesellschaft*, t. II, 1898.
[3] *Archives*, Genève 1898, VI, 1-15.

Les dépôts de fer oxydé sont plus ou moins purs, suivant que leur précipitation se fait isolément, dans une eau saline ou avec d'autres oxydes non chromogènes. La présence dans l'eau de l'acide humique exerce une influence prépondérante sur la précipitation du fer, de même que l'acide carbonique. L'acide humique maintient en effet la chaux et la magnésie en solution, tandis que le fer se précipite. Les humates de fer sont ensuite soumis à l'action de l'oxygène et de l'acide silicique; transformés d'abord en oxydes, ils passent à l'état de carbonates puis de silicates et donnent ainsi au dépôt une couleur bleuâtre. S'il y a excès d'oxyde de fer le sédiment prendra une coloration rouge lie de vin; l'on peut donc facilement s'expliquer l'alternance si fréquente de ces deux teintes dans un même complexe de sédiments.

Dans les sédiments jaunes le fer est associé à d'autres substances sous forme de limon; ces sédiments jaunes ne peuvent pas devenir rouges tandis que l'inverse peut avoir lieu.

M. Forel [1], fait remarquer que, tandis que les sables des grèves des lacs varient souvent beaucoup d'un lac à l'autre, ils ont dans un même lac une composition très constante qui dépend de la nature du bassin d'alimentation. Les sables de la beine sont plus arrondis que ceux de la grève et présentent souvent des inscrustations calcaires ou sont même agglutinés.

Erosion et Corrosion.

M. A. Heim [2] s'est livré à propos du tracé de la ligne

[1] *Archives*, Genève. VI, 652, C. R., Soc. vaud. Sc. nat. 6, VII, 1898.

[2] Projekt der Rheinlinie der Bündner Oberländerbahn, Zurich, 1898.

de chemin de fer de l'Oberland grison à une étude de la gorge du Rhin en amont de Truns. Il constate que cette gorge, qui a été creusée par le fleuve après que son lit primitif situé plus au nord eût été obstrué par l'éboulement de Flims, n'est plus actuellement en voie d'approfondissement et que ses talus et escarpements présentent par conséquent une stabilité relative.

M. ROTHPLETZ [1] attribue la plupart des grandes vallées glaronnaises à des affaissements (Graben) et les considère donc comme des vallées tectoniques. C'est le cas en particulier de la vallée du Rhin. Les seuils rocheux qui barrent le fleuve et ont donné lieu au creusement d'étroites gorges, seraient des verrons (Felsriegel) non affaissés au moment où en amont comme en aval le terrain s'enfonçait. La vallée de la Seez, le lac de Wallenstadt, la vallée de la Linth et le Klœnthal sont tous considérés comme des zones affaissées entre deux ou plusieurs failles ou simplement suivant une ligne de fracture.

MM. CHAIX et LE ROYER [2] ont étudié plusieurs grottes et gouffres du Désert de Platé et du Jura. M. Le Royer en particulier [3] a exploré un puits au sud de la Dôle et le Baume de la Grand'Combe au Risoux, ainsi que la grotte très compliquée de la Mégevette et le creux du Frémy en Savoie.

Erosion Glaciaire.

M. BALTZER [4] a pu, grâce au retrait continu depuis 1858

[1] *Das geotectonische Problem etc.*, Loc. cit., p. 227.

[2] C. R. Soc. phys. et hist. nat., Genéve, 3, III, 1898, *Archives*, V, 385.

[3] *Ibid*, 886.

[4] *Denkschr. d. Schw. naturf. Gesells.*, XXXIII, 1898, 1. pl. et 10 phot. et Zeitschr. der prakt, Geol., 1893, I.

du glacier de Grindelwald, se livrer à une étude détaillée des actions érosives de celui-ci. La surface mise à nu, dont l'auteur donne un plan détaillé, porte partout la marque d'une érosion active. Des polis glaciaires se montrent, soit sur le fond, soit sur les parois du lit du glacier; ce sont tantôt des polis presque plans, striés plus ou moins parallèlement, tantôt des gorges creusées dans le sens des bancs calcaires, où les parties saillantes sont arrondies.

Parfois, suivant la nature de la roche, le polissage est remplacé par une érosion esquilleuse, le calcaire se désagrégeant en esquilles au lieu de s'user et se polir. Les roches éruptives massives, les calcaires compacts, les dolomies du Trias, les calcaires siliceux se polissent, tandis que les gneiss, les micaschistes, les phyllades, le verrucano et les calcaires schisteux se délitent par esquilles.

L'auteur considère que l'on a en général beaucoup exagéré l'érosion excavante des glaciers et trop peu tenu compte de l'abrasion glaciaire.

Eboulements.

M. Heim [1] a étudié le glissement de terrain de Campo (Tessin) par lequel ce village situé sur une terrasse dominant le torrent de la Rovana descend vers la vallée, à mesure que le torrent creuse davantage son lit. L'érosion torrentielle considérable, qui a provoqué un abaissement du lit de plus de 100 mètres depuis 1850, est accrue par le système de flottage des bois par « éclusées » pratiqué dans cette région. D'autre part la terrasse de

[1] *Vierteljahrsschrift d. naturf., Gesell.*, Zurich XLIII, 24 p., 1 pl.

Campo et le flanc de la montagne au-dessus sont constitués par des gneiss schisteux décomposés qui se sont mis en mouvement tout en se disloquant. Ainsi des glissements se produisent sous l'action des eaux souterraines au-dessus de Campo; ces masses en mouvement viennent s'appuyer sur la terrasse et constituent pour elle une surcharge qui l'oblige à descendre aussi graduellement vers la vallée. Deux crevasses latérales délimitent la masse en mouvement.

Des travaux d'endiguement et la construction de barrages ont bien arrêté le travail de l'érosion sans faire cesser le glissement.

Sources.

M. Schardt [1] a établi les relations qui existent entre les sources du Mont de Chamblon et les eaux qui disparaissent dans un entonnoir au-dessous de Baulmes à 4 ou 5 kilomètres de là. Deux kilogr. de fluorescéine ayant été introduits dans cet entonnoir, toutes les grandes sources du Mont de Chamblon (Grange-Décoppet. Moulinet, Moulin Correau) se sont colorées successivement au bout de 40, 42 et 52 heures.

Nous devons à M. Rüst [2] l'analyse d'une source minérale qui jaillit à Plongeon, près de Genève et présente une composition analogue à celle de l'eau Cachat d'Evian. Cette source débite 2 à 3 L. m., à une température de 9°15 C. et contient 0.638 gr. de matières dissoutes par litre.

[1] *Bull. Soc. Neuch. Sc. nat.*, XXVI, 1898, 18 p., 1 pl. C. R. Soc. vaud. Sc. nat., 6, VII, 1898.
[2] *Archives*, Genève, V, 1898, 165.

Lacs.

Les *Archives* ont déjà rendu compte de la monographie des Lacs français de M. A. DELEBECQUE[1]. Ce travail est un des plus complets que nous possédions sur ce sujet et traite successivement de la répartition géographique des lacs, des procédés d'exploration par sondage, de la description des principaux lacs français et limitrophes de la Suisse, des reliefs sous lacustres avec cartes, de la nature du sol, de l'alimentation, des conditions thermiques de la couleur, la composition chimique de l'eau et l'origine géologique des lacs.

M. ROTHPLETZ[2] a consacré quelques pages aux lacs des Alpes glaronnaises, parmi lesquels il distingue des lacs d'éboulement (Voralpsee, Haslensee, Klönsee), des lacs tectoniques (ancien lac d'Ilanz et de Bonaduz, lacs de Spanegg, de Thalalp et de Murg) et des lacs d'entonnoir (Oberblegisee, Guppensee, Mutten, etc.).

Il résulte des études de M. SPRING[3] que l'acide humique contribue puissamment à la clarification des eaux en activant la précipitation des matières ferrugineuses. C'est grâce à cette action que les lacs et les mers peuvent avoir leurs belles colorations bleues, au lieu d'une teinte brunâtre et que les sédiments marins ou d'eau douce contiennent souvent une aussi forte proportion de parties ferrugineuses.

[1] *Les Lacs Français*, Paris 1898, 436 p. 4°, 22 p. *Arch.* V, 1898, pl. 34.

[2] *Das geotectonische Problem etc.* loc. cit., 241.

[3] *Archives*, Genève, 1898 V, 1-26.

Glaciers.

Signalons ici une réédition en langue allemande de l'ouvrage classique de John TYNDALL[1] les « glaciers des Alpes » et d'un second volume lié étroitement au premier et du même auteur intitulé « Dans les Alpes ». Ce dernier ouvrage s'adresse à un public moins spécialiste.

M. F. MERCANTON[2] a relevé au moyen d'un procédé graphique les dimensions du grain du glacier dans une section de la Mer de glace au Montanvert. Il semble d'après ces observations que les dimensions du grain vont en augmentant du milieu vers les bords.

Les *Archives* ont publié la partie du rapport de M. RICHTER[3] sur les variations périodiques des glaciers qui concerne les Alpes suisses. Sur 56 glaciers observés en 1897, 39 sont en raccourcissement, 5 sont stationnaires et 12 sont en crue.

M. RICHTER[4] a établi que la limite des neiges éternelles varie suivant les hauteurs des montagnes et s'élève sur un même massif des bords vers le centre. Les oscillations dans les glaciers diluviens peuvent donc avoir été produites par l'augmentation en épaisseur de la glace, chaque fois que l'altitude de la nappe de glace atteignait la limite des neiges. Le champ nourricier s'augmentait alors subitement et avec lui l'avancement du glacier. La rencontre de plusieurs glaciers a dû produire des lames ver-

[1] Die Gletscher der Alpen, Braunschweig F. Vieweg u. Sohn 1898.

[2] C. R. Soc. vaud. Sc. nat., 5, I, 1898, *Archives*, Genève, V, 365.

[3] *Archives*, Genève 1898, VI, 22.

[4] *Archives*, Genève, VI, 481, *Eclogæ*, V, 483 et 507-512.

ticales formées alternativement de glace et de moraine interne; ainsi s'explique le transport au loin des matériaux des moraines de fond.

Actions et agents internes

Tremblements de terre.

M. Bührer [1], a recueilli diverses observations sur le tremblement de terre qui a affecté le 22 février 1898 le sud du lac de Neuchâtel. La secousse principale qui a eu lieu à 11 h. 43 m. a visiblement agité le lac ; le centre d'ébranlement paraît avoir été à Grandson. M. Forel [2] a observé à cette occasion que l'agitation anormale de l'eau consistait en une succession de vagues sismiques très courtes d'environ 0,50 m. de hauteur.

IV

STRATIGRAPHIE

Archéique.

M. Rothpletz [3] sépare du Verrucano des Alpes glaronnaises la base de ce complexe connu sous le nom de Verrucano gneissique pour le faire rentrer sous le nom de gneiss supérieur dans la série cristallophyllienne.

[1] C. R. Soc. Vaud. Sc. nat., 2, III, 1898, *Archives*, Genève, V, 570.

[2] C. R. Soc. Vaud. Sc. nat., 6, IV, 1898, *Archives*, Genève, V, 175.

[3] *Das geotectonische Problem*, loc. cit., p. 5.

Paléozoïque.

La formation de la sernifite comprend d'après M. Rothpletz [1] l'ensemble des assises situées entre le gneiss et le Lias. Cet auteur réunit ainsi en un seul système les formations rangées jusqu'ici dans le Permo-Carbonifère (Sernifite = Verrucano) et dans le Trias (Arkoses et Schistes, Rötidolomit, Quartenschiefer).

Trias.

M. Rollier [2] signale la découverte dans le Trias du Jura Bernois de *Myophoria Goldfussi*, qui permet d'établir un parallélisme entre le Trias de cette région et celui de l'Alsace et de la Souabe.

Jurassique

Après avoir donné quelques détails nouveaux sur le Lias du Jura bernois, M. Rollier [3] fait une revision du Jurassique moyen ou Dogger qu'il nomme oolithique. Il y établit les étages suivants : Callovien, Bathien, Vesullien, Bajocien et Aalénien. Il propose de faire rentrer dans le Callovien l'horizon connu sous le nom de calcaire roux sableux ou plus exactement couches à *Rhynchonella varians* ou Marnes de Buxwiller en y comprenant la zone à *Parkinsonia ferruginea* et *P. Neuffensis*. La limite inférieure du Callovien serait ainsi considérablement

[1] Ibid., p. 14.
[2] Rollier, IIe Supplément, loc. cit., p. 1-8.
[3] Rollier, IIe Supplément loc. cit., p. 9-62.

abaissée et le Malm ne commencerait qu'avec les Marnes à *Cardioceras cordatum* (Oxfordien, non Divesien selon Rollier).

A propos du Malm, l'auteur reprend la question de la subdivision et des parallélismes établis pour ce sous-système, question déjà souvent traitée soit dans les *Archives*, soit dans cette revue.

M. ROTHPLETZ[1] a établi, en se basant en partie sur les déterminations de fossiles de Mœsch, une classification stratigraphique du Jurassique des Alpes glaronnaises. Le Lias du *facies Souabe* est formé de calcaires siliceux, de brèches échinodermiques et de calcaires bréchiformes alternant avec des schistes. Il contient à la base des *Arietites*, des *Aegoceras*, des *bivalves*, (*Lima Pecten*, en particulier *Gryphea arcuata*) et des *Brachiopodes* très caractéristiques. Entre ces assises et le Rhétien s'intercalent les couches à *Psiloceras planorbis* et *Terebratula punctata* qui correspondent à l'Hettangien. Le *facies d'Allgäu*, essentiellement schisteux, renferme des Astartes, *Gryphea cymbium*, des *Pentacrines*, etc.

Le Dogger présente d'après l'auteur la succession suivante : à la base des schistes argileux et des grès ferrugineux et quartzeux, représentant probablement les premiers, l'*Opalinien*, les seconds, les couches à *Am. Murchisonae*, puis un calcaire spathique correspondant à la zone à *Stephanoceras Humphriesi* et enfin une oolite ferrugineuse représentant, semble-t-il, le Bathonien et le Callovien. Sur cette oolite reposent des calcaires tachetés qui paraissent devoir appartenir à l'Oxfordien, sans que les données paléontologiques connues jusqu'ici permettent d'établir le fait avec certitude.

[1] *Geotectoniches Problem*, loc. cit., p. 24.

Le Malm présente 3 divisions bien nettes :

1° Les couches de Birmensdorf, calcaires en plaquettes jaunes, quelquefois glauconieux, riches en fossiles, tout à fait caractéristiques de l'Argovien supérieur (Couches à *Am. Transversarius*).

2° La zone à *Am. Bimammatus* pauvre en fossiles.

3° La zone à *Am. Tenuilobatus* avec une faune bien caractéristique.

Au dessus repose souvent le Tithonique qui présente un facies coralligène (Troskalk).

M. SCHARDT [1] a constaté dans le lias moyen et inférieur des Préalpes vaudoises une zone marno-schisteuse très caractéristique qui divise en deux assises les formations à facies échinodermique de ce niveau. Cette couche marneuse renferme à profusion de petits Lamellibranches (*Pleuromya, Cardinia*). Elle s'observe malgré sa faible épaisseur aux environs de Rossinières, à Villeneuve et dans le ravin de Dérochiaz-Grammont.

Les Ammonites du Lias de Lombardie font l'objet d'une monographie de M. PARONA [2] dans laquelle sont décrits les genres *Phylloceras, Arietites* (10 espèces) et *Agassiceras*.

M. HUG [3], en étudiant les gisements liasiques des Pueys et de Teysachaux au Moléson, y a constaté la prédominance d'espèces du facies souabe (Lias ε), tandis qu'il n'y trouve aucune espèce exclusivement méditer-

[1] C. R., Soc. vaud. Sc. nat., 16 I 1898, *Archives,* Genève, V, 485.

[2] *Mém. Soc. paléont. suisse,* XXV, 1898, 25 p. 4 pl.

[3] *Mém. Soc. paleont. suisse*, XXV, 1898, 30 p. 6 pl. C.R. Soc. helvet. sc. nat., Berne 1897, *Archives* VI, 486. *Eclogæ* V, 480.

ranéenne. Les couches qui suivent en amont présentent au contraire un facies et une faune absolument méditerranéens.

M. Max Mühlberg [1] dans une étude sur les facies du Dogger, montre que dans le Jura suisse la grande oolite est intercalée entre les couches à Am. Humphriesi et les couches à Rhynchonella varians. Le complex oolitique est divisé par un niveau supérieur à *Ostrea acuminata* en 2 parties, l'oolite subcompacte à la base avec, vers l'est, une intercalation de couches inférieures à *Ostrea acuminata* et la grande oolite supérieure au dessus. Les calcaires oolitiques diminuent progressivement de l'ouest à l'est, où ils sont remplacés en proportions de plus en plus fortes par des couches marneuses à Ammonites, en sorte que dans le Wurtemberg le facies marneux existe seul. Les relations sont exposées dans le schéma suivant :

COTE D'OR	SUISSE	SOUABE
		Zône à *Am. macrocephalus*
		Zône à *Am. Morrisi*
		Zône à *Am. ferrugineus*
Facies oolitique. Calcaires à polypiers		Zône à *Am. Parkinsoni*
		Zône à *Am. subfurcatus*
		Zône à *Am. Blagdeni*
		Zône à *Am. Humphriesi*
		Calcaires bleus

Il ressort de la comparaison des zones ammonifères que l'oolithe de Bath repose sur la couche à *Am. Parkinsoni* et correspond donc à la zône à *Rynch. varians*. Ainsi

[1] *Ber. der Versammlung d. Oberrhein. Geol.. Vereins* 1898.

le « Great Oolite » d'Angleterre représente un niveau plus élevé que la Grande oolite suisse.

Le même auteur [1] pense qu'il faut attribuer à une érosion l'absence dans la Suisse septentrionale de la zone à *Am. concavus* entre la zone à *Am. Murchisonæ* et la zone à *Am. Sowerbyi*. Il admet d'autre part que l'amincissement de l'Oxfordien et du Callovien vers le Sud et leur passage à un facies oolitique parle en faveur d'une émersion avec érosion indiquée par les oolites ferrugineuses.

M. SCHALCH a fait paraître la suite de son mémoire sur le Dogger de la région du Randen, dont la première partie a déjà été publiée en 1897.

Il décrit cette fois les niveaux suivants :

Zône à *Am. cordatus* et *Am. anceps*.

» *Am. macrocephalus*.

» *Rhynchonella varians* et *Ostrea Knorri*.

» *Parkinsonia Parkinsoni* et *Park. subfurcata*.

M. HUG [2] a reconnu parmi les terrains du Klotz d'Istein :

L'*Astartien*, calcaire compact et bancs à Nérinées.

Le *Rauracien*, calcaires surtout corralligènes (*Thamnastrea*).

L'*Oxfordien*, terrain à chailles, argiles et marnes.

L'auteur donne une liste complète des fossiles pour chaque étage ; le rauracien en est particulièrement riche.

[1] C. R. Soc. helv. Sc. nat. Berne 1898-97, *Archives* Genève VI 487, *Eclogæ* V 481.

[2] *Mittheil. der bad. geol. Landesanstalt.*

Crétacique

MM. Baumberger et Moulin[1], en étudiant les couches réputées peu fossilifères du Néocomien des environs de Valangin, y ont découvert plusieurs niveaux, riches en fossiles en particulier dans le Valangien.

En commençant, les auteurs donnent un aperçu tectonique de la région et décrivent couche par couche les terrains que l'on rencontre sur les deux flancs de la gorge du Seyon.

Le *Valangien inférieur*, d'une puissance de 42 à 44 mètres, a le facies du Marbre bâtard avec sa faune habituelle, qui se concentre surtout dans quelques bancs marneux.

Le *Valangien supérieur*, bien que ne mesurant que 13 mètres, présente tous les niveaux constatés ailleurs. Le niveau d'Arzier, très réduit et formé de calcaire spathique et de calcaire roux en plaquettes, est suivi de la zône des calcaires limoniteux. Celle-ci, à son contact avec la Marne d'Hauterive, a fourni une faune de 110 espèces, formée surtout de *Gastéropodes*, de *Brachiopodes*, d'*Echinides* et surtout d'innombrables *Spongiaires*. Ce niveau correspond à la Marne à bryozoaires inférieure de Sainte-Croix, il renferme comme fossile remarquable dans ce facies, *Cosmoceras verrucosum*.

L'Hauterivien présente une succession normale avec une mince couche jaune à *Olcostephanus multiplicatus* (*Olc. Astieri* auct.) à la base, intercalée entre la marne à rognons limoniteux et la marne grise.

[1] *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.* 1898 XXVI, 150-210.

L'Urgonien inférieur a été signalé par M. BAUMBERGER[1] au Champ du Moulin, aux Brenets et à Cressier. Il est caractérisé au Champ du Moulin par un banc coralligène à *Thamnastrea cancellata*, tandis qu'il présente ailleurs le facies de la Russille.

Grâce à un glissement de terrain qui s'est produit à la Combe des Epines (ligne de Neuchâtel-Pontarlier), le gisement de Gault, déjà observé par Gressly, a de nouveau été mis à découvert. M. ROLLIER[2] y a recueilli quelques fossiles et a décrit l'affleurement auquel il compare un autre gisement considéré par lui comme Albien, qui se trouve dans une carrière près de Neuchâtel.

M. ROTHPLETZ[3] a retrouvé dans la série crétacique des Alpes glaronnaises les termes correspondants au Berriasien, au Valangien, à l'Hauterivien, au Barrémien, à l'Aptien (Calcaire à *Requienia*), au Gault (Albien et Vraconnien) au Cénomanien et au Sénonien. Il reconnaît du reste n'avoir nullement éclairci tous les points obscurs dans la stratigraphie de cette région et en particulier la question si difficile du Valangien. Il discute longuement la succession des assises néocomiennes du Glärnisch en comparant ses observations avec celles de M. Baltzer, et donne des listes de fossiles empruntées en partie aux indications de Moesch.

CÉNOZOIQUE

Eocène et Oligocène

M. DOUXAMI[4] a publié une Monographie du Tertiaire

[1] *Eclogæ geol. helv.* V, 1898, 525.
[2] *Bull. Soc. neuch. Sc. nat.* 1898. *Eclogæ* V, 514.
[3] *Geotectonisches Problem*, loc. cit. p. 50.
[4] *Annales de l'Université de Lyon*, 1896.

du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale, dans laquelle il établit la classification suivante :

Aquitanien	Mollasse à *Helix Ramondi.*
Tongrien	Fausse mollasse à petits bivalves. Flysch gréseux (*Nystia Hydrobia*). Flysch calcaire (écailles de poissons).
Priabonien. Eoc. sup.	Calcaires et grès à petites *nummulites.* Couches saumâtres à Cerithes (*Natica Vampincana*).
Bartonien. Calc. gross. sup.	Calcaires et conglomérats à *Nummulites Aturia, Num. Lucasana.* (couche à grandes nummulites).

M. Rollier[1] n'admet pas que le Sidérolitique du Jura bernois soit une simple « terra rossa » et croit plutôt à une décomposition sur place, à un charriage par les eaux. Il considère les sables quartzeux vitrifiables comme plus anciens que les bolus et donne de nombreux détails sur les formations sidérolitiques, soit d'après ses propres observations, soit d'après les notes laissées par feu A. Quiquerez.

Le même[2] a étudié les formations tertiaires superposées au Sidérolitique, qu'il réunit sous le terme général « Mollassique » et pour lesquelles il établit la classification suivante : La base de la série est formée par une *Gompholite à Cerithium Lamarcki* et *Ostrea callifera* (Porrentruy, etc.) et dans le Val de Délémont et de Laufon par une marne à *Ostrea cyathula* et *Meletta* ; ces assises

[1] IIe *Supplément*, loc cit., p. 74-210.
[2] *Ibid.* p. 120 .

sont oligocènes et supportent la mollasse alsacienne (Aquitanien). Le Miocène est représenté par le Délémontien, le grès coquillier (Burdigalien), les poudingues à *Cerithium crassum* (Helvétien), les Gompholites d'Argovie avec les marnes rouges (Tortonien) et le calcaire limnal supérieur (Oeningien).

M. HUG[1] a trouvé au Klotz d'Istein le *Sidérolitique*, la *Hupererde* (sables argilo-siliceux). L'Oligocène y est formé à la base d'une assise limnale, avec nombreux fossiles, sur laquelle reposent des couches marines contenant entre autres de nombreux débris de végétaux et correspondant à l'Oligocène moyen. L'Oligocène supérieur est représenté par des couches à *Helix rugulosa* (Aquitanien) qui terminent la série.

Dans les Alpes glaronnaises, M. ROTHPLETZ[2] distingue :

1° Flysch éocène avec bancs à nummulites.

2° Flysch oligocène sans nummulites, mais avec des empreintes énigmatiques, servant pour ainsi dire, de fossiles caractéristiques.

La faune de poissons de Matt atteste le facies purement marin du Flysch oligocène.

M. SCHARDT[3] a signalé la découverte d'une valve d'*Inoceramus* dans le Flysch typique (grès et conglomérats) de la zône de Niesen.

MIOCÈNE

M. DOUXAMI[4] établit entre le Miocène du bassin du

[1] *Mitth. bad. geol. Landesanstalt*, loc. cit.

[2] *Geotectonisches Problem*, loc. cit. p. 82.

[3] C. R. Soc. vaud. Sc. nat. 19 I 1898. *Archives* Genève V 373.

[4] *Ann. de l'Univ. de Lyon*, loc. cit. p. 179.

Rhône, du plateau suisse et du bassin de Vienne, le parallélisme suivant :

Étages.		Vallée du Rhône et Jura méridional.	Plateau suisse.	Autriche.
Miocène moyen. Vindobonien. 2e étage méditerranéen.	Tortonien.	Sables à *Ancillaria glandiformis*. (Zone d'Aoste.)	Mollasse d'eau douce supérieure, (Œningien.)	Couches sarmatiques. Argiles de Baden. Leithakalk.
	Helvétien.	Sables à *Terebratulines*. (Zone de Saint-Fons)	Mollasse marine de St-Gall. (Mollasse subalpine.)	Grund et lignites de Styrie
Miocène inférieur. Burdigalien. 2e étage méditerranéen.	Supérieur.	Sables et grès à *Ostrea crassissima*. (Zone du Pont-de-Beauvoisin.)	Mollasse de Fribourg, partie supérieure.	Schlier.
	Moyen.	Mollasse marno-calcaire à *Pecten præscabriusculus*.	Mollasse de Fribourg, partie inférieure.	Mollasse calcaire à *Pecten præscabriusculus*.
	Inférieur.		Mollasse grise de Lausanne Langhien.	Sables de Gandersdorf et de Loibersdorf.
Oligocène supr Aquitanien.		Marnes et calcaires d'eau douce à *Helix Ramondi*.	Mollasse d'eau douce inférieure.	Couches de Molt.

M. STUDER [1] a décrit 2 crustacés de la Mollasse miocène.

Pliocène et Plistocène

M. MEISTER [2] a publié une série d'observations nouvelles sur le terrain glaciaire et postglaciaire de Schaffhouse. Il constate, grâce aux relations qu'il reconnaît entre les terrains fluvioglaciaires et les moraines, 12 oscillations locales pendant la dernière phase d'extension des glaciers.

Les glaciers jurassiens ont subi après le retrait des glaciers alpins une phase de progression que M. SCHARDT [3]

[1] *Mém. Soc. paléont. suisse*, XXV, 1898.
[2] *Jahresber. des Gymnasiums Schaffhausen*, 1898, 85 p. 2 pl.
[3] *Eclogæ geol. helv.* V 1898, 511. *Arch.* Genève V. 492.

nomme *phase de recurrence*. Ils ont déposé à ce moment d'importantes moraines sur les moraines alpines jusque dans le voisinage du lac Léman.

M. MEISTER[1] a décrit des ossements de *Rhinoceros* découverts dans les Tufs calcaires de Flurlingen et qu'il attribue à *Rhinoc. Merckii* Jæg.

M. STUDER[2] a décrit des ossements provenant d'une station préhistorique exploitée à Veyrier au pied du Salève. Cette faune représente un mélange d'animaux arctiques (Renne) et d'animaux des montagnes (bouquetin, chamois, marmotte) et cette association résulte sans doute de l'avancement simultané des glaces polaires et des glaciers alpins, qui chassaient devant eux les animaux du Nord d'une part et des montagnes d'autre part. Pendant le recul des glaciers l'homme a accompagné l'émigration des animaux vers les régions abandonnées par les glaces; les stations préhistoriques ne sont donc pas nécessairement contemporaines.

M. MEISTER déduit d'observations qu'il a faites sur le mode de formation de la brèche ossifère du Schweizersbild, que celle-ci s'est formée aux dépens du rocher qui tantôt se délitait lentement (brèche à humus) tantôt donnait lieu à des chutes subites (brèches sans humus). Il paraît impossible de fixer, même approximativement, un âge à la station du Schweizersbild.

Signalons pour terminer un mémoire de M. MARCH[3] sur le cheval helvéto-gaulois, la découverte d'un crâne de *Bison priscus*, annoncée par M. KELLER[4], celle d'une

[1] Loc. cit. p. 21.
[2] *Mittheil. naturf. Gesell. Bern.* 1896. 270.
[3] *Mém. Soc. paléont. suisse* XXV 1898, 20 p. 14 pl.
[4] *Mittheil. naturf. Gesells. Luzern* 1896 1, 181.

paire de cornes de Bouquetin près d'une station lacustre à Greng (lac de Morat), communiquée par M. STUDER[1] et enfin trois notices de M. Alex. SCHENCK[2] sur des crânes et ossements humains provenant de sépultures néolithiques et mérovingiennes des environs de Lausanne, etc.

[1] *Mittheil. naturf. Gesells. Bern* 1896, 283.

[2] *Bull. Soc. vaud. Sc. natur.* XXXIV 62 p.; *ibid.* XXXIV 279-284; *Arch.* Genève V 536-545. C. R. Soc. vaud. Sc. nat. 19. I. 1898. *Archives* Genève V 1898 366.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Prof. A. Wolfer. Publikationen der Sternwarte des eidg. polytechnicums zu Zurich. Band II. Beobachtungen der Sonnenoberfläche in den Jahren 1890-92. Zurich 1899, in-4°, avec 16 planches.

Il a été rendu compte ici-même[1] du premier volume des publications de l'Observatoire de Zurich, dans lequel M. le prof A. Wolfer commençait l'étude de la distribution en longitude des phénomènes de l'activité solaire durant une période undécennale. Ce premier volume était consacré aux 39 rotations synodiques du soleil allant du 23 janvier 1887 au 14 décembre 1889 et qui comprennent surtout la période précédant le minimum d'activité de 1889.

Le deuxième volume, qui vient de paraître, est consacré aux 42 rotations synodiques du soleil allant du 14 décembre 1889 au 26 janvier 1893, qui correspondent à une augmentation toujours croissante dans le nombre des phénomènes solaires. Les méthodes d'observation sont les mêmes que pour la première période, et les subdivisions du volume analogues à celles du volume précédent. Les 14 premières planches fournissent, pour chacune des 42 rotations, un diagramme de l'activité du soleil, avec signes différents pour les taches, les facules et les protubérances.

Les deux dernières planches sont destinées à résumer le travail. La planche XV donne le relevé général de la répartition des groupes de *facules* en longitude. Il ressort immédiatement de son inspection que, comme dans la période des

[1] *Archives* 1898; tome V, p. 76.

trois années précédentes, les facules ont été réparties en majeure partie sur deux méridiens à peu près opposés de la sphère solaire. Ces deux ensembles de facules sont distants l'un de l'autre de 163° environ sur l'hémisphère boréal et de 212° sur l'hémisphère austral.

La planche XVI fournit un relevé analogue pour les *taches*. Celles-ci sont aussi distribuées sur deux méridiens opposés, mais d'une façon moins nette que les facules. M. Wolfer a remis à plus tard la discussion de la répartition des protubérances.

Les résultats obtenus durant les six années 1887-1892 sont déjà forts importants mais, comme le fait remarquer l'auteur, ils ne sont que provisoires et il ne sera possible de tirer des conclusions définitives que lorsqu'on disposera d'un matériel d'observations correspondant à une période undécennale complète. R. G.

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

St. von Kostanecki et A. Rózycki. Sur quelques éthers de la 3. 3'. 4 Trioxybenzalcumaranone (*Berichte*, t. XXXII, p. 2257; Berne).

Les auteurs se proposaient de préparer la 3. 3'. 4 trioxyflavone qui présente un intérêt particulier pour l'étude du groupe de la flavone, car cette trioxyflavone est à la fisétine ce que la lutéoline est à la quercétine ou la chrysine à la galangine. Ils ont essayé dans ce but de faire réagir la méthylvanilline ainsi que l'éthylvanilline sur l'éther éthylique de la résacétophénone, mais ils n'ont pas réussi finalement à obtenir la trioxyflavone désirée, ils ont obtenu à la place des dérivés de la benzalcumaranone.

L'action de la méthylvanilline sur l'éther mono-éthylique de la résacétophénone fournit la *2'-oxy-4'-éthoxy-3-4-diméthoxychalkone*

$$C^2H^5O(4')C^6H^3 \begin{cases} (2')OH \\ (1')CO.CH = \overset{(1)}{C}H.C^6H^3\overset{3.4}{(OCH^3)_2} \end{cases}$$

laquelle cristallise en aiguilles jaunes, F 124-125°; son *dérivé acétylé* est aussi en aiguilles jaunes, F 106°.

Le *dibromure* de la combinaison ci-dessus, F 112-114°, fournit par l'action de la potasse alcoolique la *3-éthoxy-3'.4'-diméthoxybenzalcumaranone* aiguilles jaunes, F = 148-149°, solubles en rouge-jaune dans H^2SO^4 conc. En faisant bouillir ce composé avec une solution alcoolique d'alcoolate de sodium, on obtient une résine insoluble dans les alcalis ainsi que des produits solubles dans les alcalis, lesquels ne renferment cependant pas l'éther monoéthylique de la résacétophénone, ce qui prouve que l'on a à faire non pas à la 3-éthoxy-3'-4'-diméthoxyflavone, mais bien à la 3-éthoxy-3'.4'-diméthoxybenzalcumaranone. L'étude comparative de l'action de l'éthylvanilline sur l'éther monoéthylique de la résacétophénone a donné un résultat analogue.

F. Anselm et F. Zuckmayer. Sur quelques dérivés de l'acide naphtalique (*Berichte*, t. XXXII, p. 3283, Bâle).

L'un des auteurs (Anselm) a étudié autrefois une méthode de préparation de l'acide *naphtalène-dicarbonique 1-8* au moyen de laquelle on obtenait ce produit avec un rendement quantitatif; Graebe et Gfeller ont encore simplifié ce procédé et c'est en suivant leurs indications que les auteurs ont préparé l'acide qui a servi à leurs recherches. Comme on ne connaissait jusqu'ici, à part un dérivé nitré, aucun produit de substitution de l'acide naphtalique, ils en ont préparé un certain nombre qu'ils décrivent dans leur mémoire. Ce sont: l'*acide naphtalmonosulfonique* dont ils ont aussi étudié les sels; l'*anhydride nitronaphtalique* et l'*anhydride dinitronaphtalique* ainsi que leurs produits de réduction; l'*anhydride nitronaphtalsulfonique* ainsi que le *dérivé amidé* correspondant, puis l'*anhydride oxynaphtalsulfonique* et ses dérivés, l'*anhydride acetoxynaphtalique*, l'*oxynaphtalimide*, l'*acetoxynaphtalimide*, la *methyloxynaphtalimide*, l'*oxynaphtalanilide* ainsi que son *dérivé acétylé*, l'*oxynaphtaloxime* et l'*acetoxynaphtaloxime*, la *methyloxynaphtaloxime*, l'*oxynaphtalphenylhydrazone*, l'*éther ethylique de l'anhydride oxynaphtalique* et

l'*acide oxynaphtalsulfonique*. Les auteurs ont en outre étudié l'action de la potasse en fusion sur ce dernier acide. Cette réaction paraît donner lieu à la formation d'un produit spécial de condensation. F. R.

F. Fichter et E. Katz. Sur l'huile éthérée des bourgeons de peuplier (*Berichte*, t. XXXII, p. 3183, Bâle).

Outre la chrysine Piccard a isolé autrefois des bourgeons de peuplier une huile éthérée qu'il avait considérée d'après une détermination de sa densité de vapeur par la méthode de Dumas comme un diterpène.

Les auteurs ont repris l'étude de cette huile avec une préparation faite par la maison Schimmel et C°; ils l'ont soumise à la distillation sous la pression de 12 à 14 mm. et ils ont obtenu comme produit principal un terpène distillant à 132-137° sous 13 mm. et 263-269° à la pression ordinaire, sa densité = 0.8926. La détermination de la densité de vapeur faite cette fois par la méthode combinée V. Meyer et Lunge permet d'admettre que l'on a plutôt à faire à un *sesquiterpène* $C^{15}H^{24}$. Les auteurs ont caractérisé ce terpène en étudiant quelques uns de ses dérivés tels que le *nitrosochlorure*, la *nitrolpipéridine* et la *nitrolbenzylamine;* ils en décrivent également le *nitrosite* et le *nitrosate*. Il résulte de leur étude que le sesquiterpène se rapproche beaucoup par ses propriétés de l'*humulène* isolé par Chapman de l'huile de houblon; il n'est peut être pas constitué par l'humulène seul mais il en renferme certainement. Les portions de l'huile de peuplier distillant à une température supérieure renferment un mélange de paraffines homologues dont les fractions cristallisées dans l'alcool présentent les points de fusion croissants 53-54°, 57-58°, 62-63°, 67-68°. Les analyses et les points de fusion correspondent à la formule $C^{24}H^{50}$ et homologues supérieurs. F. R.

A. Bernthsen. Traité élémentaire de chimie organique. Traduit de l'allemand par MM. M. Choffel et E. Suais.

Parmi les nombreux et excellents traités élémentaires de chimie organique qui ont paru dans ces dernières années

en Allemagne, aucun n'a joui d'une plus grande faveur auprès des étudiants que le *Lehrbuch der organischen Chemie* de M. le prof. A. Bernthsen. Ce succès tient à toute une série de qualités, essentielles pour un livre de ce genre, et qui se trouvent réunies à un haut degré dans l'ouvrage en question : clarté remarquable des exposés théoriques, choix judicieux des exemples destinés à caractériser les propriétés et les réactions des différents groupes de corps, classification nette et précise, que de nombreux tableaux synoptiques permettent de saisir aisément dans son ensemble.

Un livre si apprécié en Allemagne devait se répandre au-delà des frontières du pays. Des éditions anglaise, russe et italienne en ont déjà été publiées ; une traduction française manquait encore. C'est cette lacune que viennent de combler MM. M. Choffel et E. Suais, chimistes au laboratoire de recherches de l'usine Poirier.

Les traducteurs ont su conserver toutes les qualités de fond de l'ouvrage. Ils ont réussi, sans que leur style perde rien de son élégance ni de sa clarté, à serrer le texte allemand d'aussi près que possible. Peut-être même pourrait-on leur reprocher d'avoir été un peu loin sous ce rapport; ils ont tenu à maintenir dans leur intégrité primitive un certain nombre de noms d'une longueur toute germanique, qui n'auraient pu que gagner a être coupés par quelques traits d'union, suivant l'usage qui s'est conservé jusqu'ici dans la terminologie chimique française. Qu'on nous permette aussi de ne pas trouver très heureuse l'introduction du mot allemand *ester* pour désigner une classe particulière des éthers ; il ne nous semble pas que le besoin de ce nouveau terme se fît impérieusement sentir.

Malgré ces quelques critiques de détail nous ne pouvons que féliciter MM. Choffel et Suais de la manière consciencieuse et distinguée dont ils se sont acquittés de leur tâche ; ils ont fait œuvre utile en rendant accessible aux étudiants de langue française un des traités de chimie organique les mieux conçus qui existent. A. P.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 21 décembre 1899.

Duparc. Traité de chimie analytique qualitative. Voyage géologique aux grands lacs des Etats-Unis. — Chodat et Bernard. Embryogénie de Lathraea Squamaria. — W. Louguinine. Etude des chaleurs latentes de vaporisation de quelques nitriles et autres substances de chimie organique. Présentation de son traité « Beschreibung der Hauptmethoden welche bei der Bestimmung der Verbrennungswärme üblich sind. »

M. le prof. L. Duparc fait hommage à la Société de son *Traité de chimie analytique qualitative* qu'il vient de publier en collaboration avec MM. Emile Degrange et Alfred Monnier et expose les principes qui l'ont guidé pour établir ses tableaux d'analyse.

M. le prof. Duparc rend compte du *voyage géologique* qu'il vient de faire aux grands lacs des Etats-Unis, dans le but d'étudier les gisements cuprifères. Il décrit le système des couches dans lesquelles se trouve le métal ainsi que les caractères minéralogiques qu'il présente. Ce travail paraîtra prochainement dans les *Archives*.

M. le prof. Chodat présente un travail fait dans son laboratoire et sous sa direction par M. C. Bernard, assistant, sur l'*Embryogénie de Lathraea Squamaria*.

L'ovule de Lathraea Squamaria est anatrope. Comme chez les gamopétales, le tégument en constitue la majeure partie, le nucelle y forme un petit mamelon dont les cellules

latérales entourent le sac embryonnaire qui bientôt surgit au-dessus d'elles pour pénétrer dans le micropyle. On voit à ce moment le tégument présenter du côté du funicule une épaisseur au moins deux fois plus grande que de l'autre côté, et constituer un tissu nourricier par l'amidon qui s'y est accumulé et le raphé qui descend sur son côté et dont les cellules sont fortement albumineuses.

Le sac est aminci en boyau vers la chalaze. Au moment où se constituent les appareils du sac, le nucelle est encore conservé autour de la moitié inférieure de celui-ci; ses cellules dirigées obliquement vers la chalaze, et celle du centre allongée dans la même direction semblent constituer un tissu conducteur.

Lorsque les appareils du sac sont formés, on trouve au sommet deux synergides allongées, un œuf et le noyau secondaire formé par la fusion des deux noyaux polaires. Les antipodes en petit nombre sont en série superposée et allongée dans la région tubulaire du sac.

La fécondation opérée (ce qui se voit facilement par la pénétration du boyau pollinique), le noyau secondaire se divise en deux cellules dont la supérieure devient cellule-mère d'albumen; l'inférieure s'accroit beaucoup et finit par remplir la moitié chalazienne du sac. L'autre s'est divisée en deux séries de cellules étagées qui occupent toute la moitié micropylienne.

De la cellule chalazienne naît un suçoir situé immédiatement au-dessous des cellules d'albumen et dirigé transversalement à travers la partie épaissie des téguments. Ce haustorium équatorial est gros, en forme de doigt, et s'allonge jusqu'à ce qu'il ait atteint le raphé avec lequel il est plus ou moins parallèle.

L'amidon du tégument disparait à son contact. Plus tard se forme un suçoir micropylien aux dépens d'une des cellules supérieures d'albumen. Ce nouveau haustorium est aminci à sa base et va se renflant en boyau vers la partie épaissie du tégument qu'il traverse progressivement jusqu'à atteindre le placente. Il y a en même temps dans ce tube une multiplication de noyaux.

Ainsi le sac embryonnaire de Lathraea Squamaria est caractérisé par deux suçoirs ou haustoriums l'un équatorial, l'autre micropylien.

M. W. Louguinine communique par l'intermédiaire de M. le Président un mémoire intitulé : *Etude des chaleurs latentes de vaporisation de quelques nitriles et autres substances de chimie organiques*[1].

M. W. Louguinine fait hommage à la Société de son livre intitulé : *Beschreibung der Hauptmethoden welche bei der Bestimmung der Verbrennungswärme üblich sind.*

Séance du 4 janvier 1900.

Pidoux. Eclipse de lune du 16 au 17 décembre 1899. — A. Brun. Réaction de l'acétylène.

M. J. Pidoux rappelle qu'une *éclipse partielle de lune* a eu lieu dans la nuit du samedi 16 au dimanche 17 décembre 1899. Elle était surtout remarquable par sa grandeur, atteignant presque la totalité, puisque la lune était plongée dans l'ombre de la terre jusqu'aux 99 centièmes de son diamètre. De plus elle était suivie d'une occultation de Neptune constituant elle aussi un phénomène intéressant.

Malheureusement, le temps n'a pas été propice aux observateurs et le ciel est resté couvert cette nuit-là sur une grande partie de l'Europe. Les observations faites sont donc assez incomplètes, mais présentent cependant quelques faits intéressants. Voici les diverses phases du phénomène telles qu'elles ont été notées à l'Observatoire de Genève par M. Pidoux et par M. Schär, astronome-adjoint.

Instruments utilisés : M. Schär, une lunette avec objectif de 16 cm. de sa propre construction, transformée en *réfracto-réflecteur* et constituant un appareil nouveau ; grossissement : 90 fois. M. Pidoux, une lunette parallactique à

[1] Voir ci-dessus, p. 5.

grand champ avec objectif de 95 mm. de Merz; grossissement 30 fois. Heure de l'Europe centrale, en avance de 1 h. sur Greenwich.

Minuit 40 m. Ciel couvert, nuages chassés par la bise, température au-dessous de 0; entrée dans l'ombre invisible.

A 1 h. 18 m, le disque lunaire apparaît déjà entamé par l'ombre de la terre; la limite passe par les Alpes et les Pyrénées lunaires. La pénombre est légèrement accusée. Aucune trace de couleur ou de lumière sur la partie éclipsée de la lune. Elle est entièrement sombre et il est impossible de la distinguer du ciel environnant.

A 1 h. 30 m., l'ombre passe sur le cratère Tycho; à 1 h. 38, il est dépassé et l'ombre atteint Pline et Endymion; aucune trace de lumière dans la partie eclipsée.

A 1 h. 45 m. la lumière cendrée apparaît légèrement sur le prolongement des cornes brillante du croissant éclairé de la lune. Le ciel se découvre de plus en plus, quelques étoiles deviennent visibles. A 2 h., la lune entière devient visible, la partie obscurcie prend une teinte cendrée, pâle, presque livide. Le croissant lumineux diminue toujours, et le reste de la lune ressemble à une boule de verre translucide ou à un globe de paraffine. On distingue toutes les mers et les principaux cratères.

A 2 h. 12 m., une bande brillante persiste encore sur le bord lunaire; la lumière cendrée vire peu à peu au rose puis au rouge avec une intensité de plus en plus forte. A 2 h. 20 m., la partie obscurcie est nettement rougeâtre. Depuis 2 h. 25, l'éclipse semble avoir atteint son maximum: dans la lunette, la partie brillante se réduit à un liseré très étroit, mais à l'œil nu ce filet lumineux paraît beaucoup plus accusé. C'est évidemment un effet d'irradiation.

Le phénomène reste stationnaire jusqu'à 2 h 38 m., dès lors la lumière semble augmenter; à 2 h. 40 m., elle est décidément en croissance et la partie sombre commence à se retirer. La teinte rougeâtre tourne au cuivre et à 2 h. 50 m. cette couleur devient de plus en plus prononcée. A 3 h. 30. le ciel est entièrement couvert, la lune n'est visible que par intermittences. A 4 h. 6 m., il reste encore un segment

obscur; à 4 h. 12 m., le phénomène est terminé. Le ciel reste couvert et l'occultation de Neptune qui doit faire suite à l'éclipse reste invisible. Température : 5 degrés au-dessous de zéro.

A Greenwich, l'éclipse a pu être observée dans des conditions favorables. Au moment de la plus grande phase, la partie obscurcie avait une teinte cuivre sombre un peu plus rouge dans la partie centrale [1].

M. A. Brun a essayé la *réaction de l'acétylène* indiquée par L. Islovay von Nagy Iloswa, une solution d'un sel de cuivre additionné d'assez d'ammoniaque pour redissoudre le précipité, puis de chlorhydrate d'hydroxylamine (3 de ce dernier sel, 1 de sulfate de cuivre, 50 d'eau) jusqu'à complète décoloration, donne de suite un précipité rouge d'acétylure de cuivre au contact du gaz acétylène. La réaction est extraordinairement sensible et peut être très pratique pour la recherche de minimes traces de ce gaz (dans le gaz d'éclairage, par exemple).

[1] *The observatory*. n° 288. January 1900, page 69.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

DÉCEMBRE 1899

Le 1er, brouillard pendant tout le jour.
2, gelée blanche et givre le matin; brouillard à 7 h. et à 9 h. du soir
3, légère gelée blanche le matin; très forte bise de 1 h. à 7 h. du soir; givre sur le Salève.
4, légère gelée blanche le matin.
5, légère gelée blanche le matin; brouillard depuis 7 h. du soir.
6, quelques gouttes de pluie à 7 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir; éclairs à l'est à 10 h. du soir.
7, pluie à 9 h. du soir.
8, très forte bise pendant tout le jour; pluie dans la nuit jusqu'à 9 h. du matin; neige à 10 h. du matin; brouillard depuis 7 h. du soir.
9, très forte bise pendant tout le jour; brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
10, forte bise jusqu'à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin; neige de 7 h. 45 m. à 10 h. du matin.
11, neige à 10 h. du matin; brouillard depuis 7 h. du soir.
12, gelée blanche le matin; forte bise à 10 h. du soir.
13, brouillard à 7 h. du matin et depuis 9 h. du soir; quelques flocons de neige à 10 h. du matin.
14, neige dans la nuit; hauteur: 5cm,5; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir; halo lunaire de 6 h. 30 m. à 7 h. du soir.
15, très forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. et neige à 10 h. du matin.
16, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.
17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
18, forte gelée blanche le matin; brouillard pendant tout le jour; neige de 7 h. 15 m. à 7 h. 30 m. du soir.
19, brouillard pendant tout le jour.
20, brouillard pendant tout le jour; givre le matin.
21, brouillard pendant tout le jour.
22, brouillard pendant tout le jour.
23, grésil à 7 h. du matin; pluie à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.
24, légère pluie dans la nuit.
25, légère pluie dans la nuit, à 1 h. et à 9 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 7 h. du soir.
26, gelée blanche le matin; nouvelle neige sur les montagnes.
27, forte gelée blanche le matin; quelques flocons de neige dans la nuit; neige depuis 9 h. et pluie à 10 h. du matin; le diamètre des flocons de neige atteint 4cm; brouillard à 9 h. du soir.
28, forte gelée blanche le matin et le soir.
29, léger verglas le matin; pluie de 7 h. du matin à 1 h. 30 m. du soir; quelques forts coups de tonnerres à 3 h. 30 m. du soir; fort orage dans la direction de Nyon; grésil à 10 h. du matin; brouillard depuis 9 h. du soir; violents coups de föhn depuis 10 h. 15 m. du soir.
30, très fort vent la nuit jusqu'à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir; brouillard depuis 9 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 5cm,5 en un jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	733,75	Le 2 à 5 h. matin	731,80
3 à 11 h. soir	736,96	4 à 4 h. soir	734,13
8 à 11 h. soir	717,61	8 à 5 h. matin	714,34
11 à 10 h. matin	727,02	11 à 3 h. soir	725,30
15 à 10 h. soir	718,80	14 à 2 h. soir	708,19
22 à 10 h. matin	732,60	22 à 11 h. soir	731,28
29 à 11 h. soir	715,89	29 à 6 h. matin	711,47
31 à 11 h. soir	727,56	31 à minuit	720,72

REMARQUE. A partir du mois de décembre 1899, le nombre *des stations pluviométriques du Canton de Genève* a été augmenté de cinq stations nouvelles.

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉZY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	53.2	47.9	34.5	53.0	35.0	27.8

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	30.5	32.5	32.5	28.3	25.0	38.1

Durée totale de l'insolation à Jussy : 20h 10m

GENÈVE. — DÉCEMBRE 1899

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm.
1	733,40	+ 6,66	732,39	734,86	— 0,52	— 2,77	— 2,4	+ 1,1	982	+132	880	1000	...	..	calme	2,7	1,00	...	8,9	+ 1,0	126,4
2	732,90	+ 6,12	731,80	733,75	— 0,41	— 2,53	— 4,5	+ 5,0	904	+ 53	730	1000	...	..	calme	1,1	0,58	1,5	8,6	+ 0,7	128,0
3	735,03	+ 8,21	733,63	736,96	+ 2,99	+ 0,99	+ 0,2	+ 6,0	725	—127	540	940	...	..	NNE. 2	17,0	0,12	6,7	...	.....	123,0
4	735,33	+ 8,47	734,13	736,77	+ 0,99	— 1,89	— 1,8	+ 4,7	814	— 38	720	920	...	..	calme	3,8	0,57	...	8,1	+ 0,5	126,0
5	732,05	+ 5,15	730,49	734,88	+ 3,53	+ 1,77	— 1,5	+ 8,9	764	— 89	590	900	...	..	calme	0,4	1,00	...	8,8	+ 1,3	123,2
6	728,26	+ 1,32	724,94	730,65	+ 5,94	+ 4,29	+ 3,8	+ 9,6	693	—161	620	790	...	..	calme	0,0	0,98	0,1	8,8	+ 1,4	121,0
7	719,26	— 7,72	715,67	724,38	+ 6,76	+ 5,22	+ 5,4	+ 9,5	750	—104	650	910	2,4	3	calme	0,6	1,00	...	9,0	+ 1,7	120,2
8	715,84	—11,18	714,34	717,61	+ 0,55	— 0,88	— 4,0	+ 5,6	925	+ 70	840	1000	1,5	6	NNE. 4	34,4	1,00	...	8,7	+ 1,5	123,5
9	720,99	— 6,07	717,75	724,94	— 4,62	— 5,94	— 6,4	— 3,0	941	+ 85	860	970	...	..	NNE. 4	55,3	0,98	...	7,9	+ 0,7	123,3
10	725,05	— 1,05	724,76	725,46	— 6,41	— 7,63	— 7,0	— 5,6	874	+ 18	740	950	...	..	NNE. 2	30,7	0,97	..	...	.....	117,0
11	725,81	— 1,33	725,30	727,02	— 6,48	— 7,60	— 7,1	— 5,2	877	+ 20	780	940	...	..	var.	10,5	1,00	...	5,1	— 1,9	117,4
12	722,19	— 4,99	719,66	725,62	— 6,47	— 7,49	— 9,8	— 2,8	838	— 20	710	930	...	..	NNE. 1	13,8	0,70	1,2	4,8	— 2,1	115,8
13	716,24	—10,98	711,21	721,05	— 5,98	— 6,91	— 6,7	— 4,8	847	— 11	800	890	...	..	E. 1	10,5	1,00	...	6,0	— 0,8	114,2
14	709,37	—17,89	708,19	710,88	— 3,64	— 4,48	— 6,0	— 0,7	864	+ 5	830	930	2,6	2	var.	5,8	1,00	...	6,0	— 0,7	111,0
15	715,14	—12,16	711,01	718,80	— 2,90	— 3,65	— 4,7	— 0,5	858	— 1	770	920	0,2	..	NNE. 3	43,9	0,98	...	5,8	+ 0,2	113,8
16	721,81	— 5,53	719,25	723,08	— 4,50	— 5,47	— 5,4	— 3,0	799	— 61	680	870	...	..	NNE. 2	29,2	0,88	..	4,0	— 2,5	110,2
17	722,56	— 4,81	721,46	724,46	— 3,80	— 4,39	— 6,8	— 1,0	859	— 1	820	900	...	..	var.	3,4	0,85		...	.....	110,0
18	727,06	— 0,35	724,62	729,40	— 3,66	— 4,47	— 7,5	— 1,1	925	+ 64	890	950	0,1	..	calme	1,1	1,00	...	5,5	— 0,9	104,5
19	729,57	+ 2,12	729,02	730,57	— 1,42	— 1,56	— 3,9	+ 4,0	961	+100	920	1000	...	..	calme	0,4	0,88	..	6,0	— 0,3	105,5
20	728,72	+ 1,24	727,85	729,50	— 2,09	— 2,46	— 4,5	— 0,6	1000	+138	1000	1000	...	..	calme	1,0	1,00	...	5,8	— 0,4	105,0
21	730,78	+ 3,26	729,42	732,39	+ 0,41	+ 0,11	— 1,0	+ 2,0	935	+ 73	860	1000	...	..	calme	0,0	1,00	...	5,8	— 0,4	102,6
22	732,08	+ 4,52	731,28	732,60	— 0,34	— 0,58	— 1,2	+ 1,4	867	+ 4	840	900	...	..	calme	1,0	1,00	...	6,0	— 0,1	102,7
23	730,04	+ 2,45	729,47	731,07	+ 0,89	+ 0,71	— 1,5	+ 3,9	937	+ 74	870	1000	3,4	3	calme	0,0	1,00	...	6,1	+ 0,1	100,2
24	731,23	+ 3,61	729,58	732,11	+ 3,64	+ 3,52	+ 1,6	+ 5,9	879	+ 16	760	990	0,1	..	calme	1,0	0,97	...	...	.....	101,0
25	726,65	— 1,00	724,93	729,55	+ 4,11	+ 4,04	+ 2,4	+ 6,6	863	— 1	800	930	0,6	..	calme	1,0	1,00	...	...	.....	101,0
26	723,42	— 4,26	720,09	725,78	+ 1,99	+ 1,97	— 1,3	+ 8,8	826	— 38	620	940	...	..	calme	1,5	0,43	4,7	6,4	+ 0,6	98,1
27	718,91	— 8,80	717,67	720,00	+ 1,46	+ 1,49	— 1,1	+ 3,9	938	+ 74	850	980	2,0	2	calme	1,5	0,83	...	6,5	+ 0,7	98,3
28	718,73	— 9,00	715,30	720,48	+ 0,91	+ 0,98	— 1,2	+ 5,0	900	+ 35	800	960	...	..	calme	1,7	0,65	1,2	6,1	+ 0,4	97,6
29	713,37	—14,39	711,47	715,89	+ 1,63	+ 1,74	— 1,0	+ 4,6	974	+109	960	1000	16,5	6	var.	3,5	0,98	...	6,2	+ 0,5	98,0
30	720,20	— 7,58	716,34	722,44	+10,84	+10,99	+ 9,0	+15,2	385	—480	260	450	...	..	SSW. 2	8,5	0,87	4,7	6,4	+ 0,8	96,0
31	724,60	— 3,20	720,72	727,56	+11,40	+11,58	+ 6,7	+14,0	584	—281	460	810	0,1	..	var.	8,5	0,98	...	...	.....	96,0
Mois	724,73	— 3,20			+ 0,16	— 0,64			848	— 17						9,48	0,87		6,69	+0,08	110,66

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1899

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728 45	728 02	727,90	728 37	727.45	727,32	727.48	727,49
2e »	721.68	721.68	721.86	722,34	721,47	721,46	722 04	722 24
3e »	724.48	724,46	724,60	725,28	724,40	724,27	724,34	724,53
Mois	724.86	724,71	724.78	725,33	724,44	724,35	724,61	724,75

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 0,39	+ 0,21	— 0,20	+ 0,94	+ 2,61	+ 2,24	+ 0,75	— 0,10
2e »	— 4 84	— 4,94	— 5,03	— 4,20	— 2,86	— 3,07	— 3 63	— 3,94
3e »	+ 2,71	+ 2,37	+ 2,47	+ 3,62	+ 5,04	+ 4,51	+ 3 28	+ 2,88
Mois	— 0,47	— 0,68	— 0,75	+ 0,23	+ 1,71	+ 1,33	+ 0,23	— 0,28

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	898	880	879	822	734	768	838	878
2e »	897	913	925	861	850	865	861	890
3e »	829	850	855	814	780	786	848	847
Mois	873	880	885	832	788	806	849	871

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm.
1re déc.	— 1,82	+ 4,18	+ 8,60	0.82	8,3	14,60	6,9	123 16
2e »	— 6,24	— 1,57	+ 5,44	0.93	1,2	11,96	2,9	110,74
3e »	+ 1,04	+ 6,48	+ 6.19	0,88	10,6	2,56	22,7	99,23
Mois	— 2,23	+ 3,14	+ 6.69	0.87	20,1	9,48	32,5	110.66

Dans ce mois l'air a été calme 54,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 5,24 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 5°,91 E. et son intensité est égale à 44,9 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1899.

Le 2, très forte bise et brouillard depuis 4 h. du soir.
3, forte bise depuis 7 h. du soir.
5, forte bise pendant tout le jour ; brouillard depuis 4 h. du soir.
6, forte bise et brouillard pendant tout le jour.
7, brouillard à 7 h. du matin et de 1 h. à 4 h. du soir.
8, neige dans la nuit; brouillard jusqu'à 4 h. du soir.
9, brouillard à 4 h. et à 10 h. du soir.
10, forte bise depuis 7 h. du soir.
15, neige à 7 h. du matin ; brouillard depuis 4 h. du soir ; forte bise à 10 h. du soir.
16, neige dans la nuit ; brouillard depuis 1 h. du soir.
17, fort vent pendant tout le jour ; brouillard le matin jusqu'à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.
18, fort vent jusqu'à 10 h. du matin.
19, brouillard à 10 h. du matin, à 4 h. et à 7 h. du soir.
21, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.
23, neige à 10 h. du matin.
27, neige la nuit jusqu'à 10 h. du matin.
28, neige dans la nuit ; brouillard à 10 h. du soir.
29, très fort vent pendant tout le jour ; brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir ; neige de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
30, fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
31, brouillard à 7 h. du matin ; neige de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 1er à minuit	571,10	Le 1er à 11 h. soir	568,80
9 à 7 h. soir	552,42	9 à 7 h. matin	551,24
11 à 11 h. matin	555,50	11 à minuit	553,80
14 à 11 h. matin	546,50	14 à 4 h. matin	545,30
19 à 10 h. matin	564,94	19 à 2 h. matin	563,90
29 à minuit	556,50	29 à 1 h. soir	552,08
31 à 10 h. matin	566,85	31 à 1 h. matin	563,40

Erratum. Le minimum de la troisième décade du mois de novembre 1899 est de — 3°,65, au lieu de + 3°,85. — Il en résulte pour le minimum moyen du mois : — 3°,90, au lieu de — 1°,46.

SAINT-BERNARD. — DECEMBRE 1899

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum observé au barographe	Maximum observé au barographe	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	cm.	mm				
1	569.70	+ 7.75	568,80	571.10	+ 0.05	+ 6.77	— 1,4	+ 2,8	.....	.....	....	NE.	1	0.00
2	566.81	+ 4.88	565 42	568 75	— 4.20	+ 2 60	— 7,3	— 0,8	.....	.....	....	NE.	2	0,57
3	566.71	+ 4.89	565,30	567,60	— 7,34	— 0.46	— 9,0	— 5,5	.....	.....	....	NE.	1	0.02
4	567.90	+ 6.01	567 63	568.16	+ 3,79	+ 3 17	— 6,8	— 1,6	.....	.....	....	NE.	1	0.03
5	566,37	+ 4,50	565 58	568,20	— 4.04	+ 3.00	— 6,8	— 1.3	.....	.....	....	NE.	2	0.60
6	563,47	+ 1,62	562 50	565.00	— 1.49	+ 5 63	— 3,9	— 0,6	.....	.....	....	NE.	2	1.00
7	558.51	— 3.31	554,90	562 70	— 0 79	+ 6,42	— 2 2	+ 2,5	.....	.....	....	NE.	1	0.67
8	552 22	— 9.58	551,27	554,70	— 4.79	+ 2,50	— 7,3	+ 0,1	15,0	26,0	....	NE.	1	0 87
9	551.71	—10,07	551,24	552 42	—12.97	— 5.60	—16,8	— 6,3	.....	.....	....	NE.	1	0 45
10	552 68	— 9.08	552 23	553.30	—17.72	—10.28	—19.6	—13 3	.....	.....	....	NE.	1	0.10
11	554 55	— 7.19	553 80	555,50	—15,64	— 8 13	—19,6	—11 8	.....	.....	....	NE.	1	0,30
12	551,24	—10,48	549.79	554.00	—18 80	—11,22	—22,0	—12.3	.....	.....	....	SW.	1	0.00
13	548.02	—13 68	546,30	549,90	—15.77	— 8,12	—21,1	— 2.1	.....	.....	....	SW.	1	0.27
14	545.91	—15,77	545,42	546.50	—11.57	— 3,85	—18.1	— 7,5	.....	.....	....	SW.	1	0.45
15	547.24	—14,42	545,30	549,70	—13.85	— 6.07	—18,2	— 4,3	.....	.....	....	SW.	1	0.45
16	552.73	— 8,91	551 00	554.30	— 8,52	— 0,68	—17.0	— 3,6	12,0	7,0	....	NE.	1	0.83
17	556 47	— 5.16	555.20	558,70	— 9.90	— 2.00	—10.8	— 2,3	.....	.....	....	SW.	2	0 92
18	561.40	— 0.21	558.80	563 60	— 9 77	— 1.81	—11,0	— 2.1	.....	.....	....	SW.	1	0.70
19	564 49	+ 2.90	563 90	564.94	— 8.47	— 0.45	—10,1	— 0,3	.....	.....	....	SW.	1	0 67
20	562 96	+ 1.39	562.50	564,00	— 8.92	— 0,84	—11,0	— 4,3	.....	.....	....	SW.	1	0.12
21	563 13	+ 1.57	562.41	563.68	— 8 59	— 0.46	—10.0	— 4,1	.....	.....	....	NE.	1	0,38
22	564 46	+ 2.91	563,60	564.85	— 6,50	+ 1.68	— 8.5	— 2,3	.....	.....	....	NE.	1	0.05
23	563 83	+ 2.30	563.45	564.60	— 6.40	+ 1 83	— 7,6	— 1.8	.....	.....	....	SW.	1	0.55
24	564.71	+ 3.23	563.81	565.55	— 6.27	+ 2 01	— 6.9	— 1,1	.....	.....	....	NE.	1	0,02
25	560 84	— 0 65	559,44	563.70	— 7,49	+ 0 84	—10.3	— 0,2	.....	.....	....	NE.	1	0,63
26	558.26	— 3 21	557,00	559 40	—10 67	— 2.30	—11,0	+ 0.3	.....	.....	....	SW.	1	0 07
27	555 69	— 5 77	554.94	556.90	—10.74	— 2,33	—12.0	— 1.2	25,0	23,0	....	SW.	1	0.75
28	557,24	— 4 20	556,86	557,66	— 9.15	— 0 70	—12.3	— 5,8	8,0	7,0	....	SW.	1	0.32
29	555.48	— 5 94	552 08	556,50	— 7.99	+ 0 50	—12,2	— 3.7	10,0	10,4	....	SW.	3	1.00
30	559 89	— 1.51	555 60	562 70	— 7.15	+ 1.38	— 9,0	— 3 0	.....	.....	....	SW.	1	0.22
31	565.09	+ 3.71	563 40	566,85	— 5.89	+ 2 68	— 9.3	— 3.5	6,1	8,0	....	var.		0.95
Mois	559 02	— 3.30			— 8.55	— 0 96								0.46

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1899.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	562,57	562,08	561,73	561,79	561,27	561,10	561,19	561,15
2e » ...	554,23	554,14	554,22	554,65	554,37	554,54	554,88	554,97
3e » ...	560,77	560,62	560,46	560,82	560,32	560,57	561,77	560,97
Mois	559,24	559,00	558,86	559,14	558,70	558,79	559,36	559,09

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 4,92	— 5,16	— 4,84	— 5,72	— 5,91	— 6,11
2e » ...	— 13,18	— 12,11	— 10,59	— 11,37	— 11,70	— 12,20
3e » ...	— 8,48	— 7,34	— 6,53	— 7,37	— 7,95	— 8,12
Mois	— 8,85	— 8,17	— 7,29	— 8,13	— 8,50	— 8,79

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 8,11	— 2,40	0,43	26,0	15,0
2e » ...	— 15,89	— 5,06	0,50	7,0	12,0
3e » ...	— 9,92	— 2,40	0,45	48,4	49,1
Mois	— 11,26	— 3,26	0,46	81,4	76,1

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,31 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 16,7 sur 100.

SUR LA
TENSION SUPERFICIELLE DES LIQUIDES[1]

PAR

P. DUTOIT et L. FRIEDERICH

MM. Ramsay et Shields ont montré que l'on peut calculer d'une façon simple, au moyen de mesures d'ascensions capillaires et de densités, le poids moléculaire d'un liquide et sa température critique.

Rappelons brièvement que si l'on connaît la hauteur h à laquelle s'élève un liquide dans un tube capillaire du rayon r, et les densités orthobares d et σ du liquide et de sa vapeur saturée, la tension superficielle exprimée en dynes par cm^2 est :

$$\gamma_t = \frac{1}{2} r g h (d - \sigma)$$

g étant la constante de gravitation.

Soit M le poids moléculaire du liquide et v son volume spécifique à la température t : la tension superficielle rapportée à des surfaces équimoléculaires (énergie superficielle moléculaire) sera :

$$\gamma (Mv)^{2/3}$$

[1] Ce mémoire est, avec quelques additions récentes, la reproduction d'un travail présenté au concours du prix Davy de l'Université de Genève en janvier 1898.

D'après MM. Ramsay et Shields cette quantité est une fonction linéaire de la température pour tous les liquides dont la grandeur moléculaire ne varie pas jusqu'à la température critique. Cette fonction est bien représentée par la formule :

$$\text{I} \qquad \gamma\,(\mathrm{M}v)^{2/3} = k\,(t_c - t - d)$$

dans laquelle t_c est la température critique, d une constante spécifique mais toujours voisine de 6, k une constante unique pour tous les corps et égale à 2,12 (valeurs extrêmes 2,06 — 2,26).

Cette loi, vérifiée par MM. Ramsay et Shields, Ramsay et Aston sur environ 40 composés chimiques très différents, présente un grand intérêt car elle permet de fixer, au moins d'une manière approchée, la grandeur moléculaire des corps à l'état liquide.

On détermine k, qui est le coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire, au moyen des valeurs de $\gamma\,(\mathrm{M}v)^{2/3}$ à deux températures t et t', soit

$$\text{II.} \qquad k = \frac{\gamma\,(\mathrm{M}v)^{2/3} - \gamma'\,(\mathrm{M}v')^{2/3}}{t' - t}$$

Lorsque la valeur ainsi obtenue diffère notablement de la moyenne 2,12 cela indique que le poids moléculaire admis n'est pas exact ; c'est le cas de tous les liquides polymérisés. On a cherché à calculer le coefficient x par lequel il faut multiplier M pour obtenir le poids moléculaire réel du liquide. Ce calcul n'offre aucune difficulté pour les corps dont la grandeur moléculaire ne varie pas avec la température : en remplaçant M par xM dans l'équation II on obtient :

$$x^{2/3} = \frac{2.121}{k}$$

Les liquides polymérisés qui conservent le même degré de complexité moléculaire à toutes les températures sont une exception rare; presque toujours la polymérisation décroit lorsque la température s'élève.

Dans ce cas l'équation de condition entre t et $\gamma(Mv)^{2/3}$, n'est plus celle d'une droite; il faut tenir compte de la variation de x avec la température :

Deux hypothèses ont été faites :

M. Van der Waals admet qu'au point critique le coefficient d'association devient égal à l'unité; on obtient ainsi :

$$x^{2/3} = \frac{k(t' - t) + \gamma(Mv)^{2/3}}{\gamma(Mv)^{2/3}}$$

Cette hypothèse ne doit correspondre qu'à un nombre restreint de cas; M. Ph.-A. Guye a montré en effet, par une méthode ingénieuse, que plusieurs corps polymérisés aux basses températures le sont encore à la température critique.

On sait aussi que certains liquides, l'acide acétique par exemple, sont encore polymérisés à l'état de vapeur.

MM. Ramsay et Rose-Innes admettent que la dépolymérisation croit linéairement avec la température et calculent le coefficient d'association par la formule :

$$x^{2/3} = \frac{2.121}{k}(1 + \mu t)$$

μ étant une nouvelle constante spécifique.

La précision avec laquelle on peut déterminer le coefficient d'association d'un liquide dépend donc de deux conditions : 1° la constante des valeurs de k pour les liquides non polymérisés. 2° La rigueur des hypothèses faites sur la variation de x avec la température.

Nous nous sommes proposé d'étudier plus spécialement la première de ces conditions qui actuellement nous paraît la plus importante.

Il ressort déjà des expériences de MM. Ramsay et Aston sur la série homologue des éthers gras que la dérivée de l'énergie superficielle moléculaire augmente avec le point d'ébullition de l'éther, sans que cette augmentation semble cependant suivre de règles fixes.

Dans le but de rechercher si ces variations peuvent atteindre une amplitude plus considérable, nous avons étudié un certain nombre d'hydrocarbures à poids moléculaire et à température d'ébullition élevés. Nous avons également étudié quelques séries homologues (anilines, nitriles, cétones) jusqu'aux termes élevés de ces séries afin de vérifier si les variations de k suivent les mêmes lois dans différentes séries.

Nos déterminations expérimentales, qui ont offert certaines difficultés étant donné la viscosité ou le point de fusion élevé de plusieurs corps, forment la première partie de ce mémoire.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Les mesures d'ascensions capillaires ont été effectuées par la méthode de MM. Ramsay et Shields, en suivant exactement les indications données par ces savants : nous nous contentons donc de noter ici les petites modifications de détail que nous avons introduites.

Le tube destiné à recevoir le liquide à étudier et le capillaire avait un diamètre de 2 $^1/_2$ à 3 cm., afin de diminuer l'erreur du ménisque ; le diamètre de la jaquette a été augmenté en proportion. Comme liquide de

chauffe nous avons employé de préférence l'acétone, le toluène et le benzoate d'éthyle qui peuvent être obtenus à point d'ébullition très constant: la plus grande partie de nos observations ont été faites à ces trois températures.

Nous avons effectué nos premières expériences avec des capillaires à parois très minces, tels qu'on les obtient en étirant un tube de verre ordinaire; on trouve avantage à remplacer ces capillaires fragiles et difficiles à laver par des tubes thermométriques à parois épaisses (0.2 cm.). Ces capillaires sont généralement aussi plus cylindriques et l'on en trouve plus facilement qui puissent convenir pour des déterminations exactes. Nous avons préféré des capillaires de diamètre considérable (0.020 — 0.025 cm.), aux capillaires plus fins dont s'est servi M. Ramsay; si la hauteur d'ascension est moindre (désavantage que l'on compense par des lectures cathétométriques très précises) le liquide prend par contre plus rapidement son équilibre. Cette condition était particulièrement nécessaire pour nos mesures qui ont presque toutes porté sur des corps assez visqueux. Nous nous sommes toujours assurés que le liquide avait bien pris son équilibre dans le capillaire en effectuant deux séries de lectures à des intervalles de 15 à 20 minutes.

Nous n'avons pas tenu compte de la variation du rayon du capillaire par suite de la dilatation du verre; jusqu'aux températures de 200° environ auxquelles nous avons opéré, cette cause d'erreur est peu importante.

Les densités ont été déterminées au moyen de dilatomètres à tige graduée, calibrés par des mesures préliminaires sur l'eau distillée bouillie. Le volume du réservoir était de 4 à 6 cm., celui d'une division de la tige de 1 à 2 mm. L'erreur des résultats ne doit pas dépasser

une à deux unités de la 4me décimale aux basses températures, elle est peut-être un peu plus forte aux températures élevées, la comparaison des thermomètres n'ayant pas été effectuée assez souvent. Nous avons en général relié nos observations au moyen d'une formule en deux termes.

HEXANE $C_6 H_{14}$.

Provenant de la fabrique Kahlbaum. P. E 67°,0 — 67°,2 sous 728 mm.

Densités.

t	*d* (*obs.*)	*d* (Young et Thomas [1])
15°,1	0,6650	0,6641
35°,6	0,6467	0,6465

Nous avons employé pour le calcul du coefficient d'association les densités fournies par la formule de dilatation de MM. Young et Thomas [1].

Constantes capillaires

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma\,(Mv)^{2/3}$	*k*
8°,2	0,6709	0,0002	2,437	18,54	471,5	
62°,5	0,6242	0,0025	1,892	13,34	356,9	2,11

$r = 0{,}02313$ M = 86

M-XYLÈNE $C_6 H_4 (CH_3)_2$ *(1.3)*.

Provenant de la fabrique Kahlbaum. Echantillon fractionné puis distillé sur *Na*. P. E. 138°,5 sous 725 mm. *Densités* d'après Landolt et Jahn [2], Schiff [3].

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
15°,7	0,869	—	3,337	28,97	712,4	
74°,9	0,814	—	2,793	22,71	583,4	2,18
136°,7	0,759	0,003	2,193	16,56	445,8	2,22

$r = 0{,}02037$ M = 106

[1] Yung et Thomas, 7. *Ch. Soc.*, t. 67, p. 1071.

[2] Landolt et Jahn, *Zeit. Phys. Ch.*, t. 10, p. 289.

[3] Schiff, *Lieb. Ann.*

MÉSITYLÈNE $C_6H_3(CH_3)_3$ (1. 3. 5.)

P. E. 151°,8-162°,8 sous 720 mm.

Densités.

t	d. (obs.)	d. (calc.)	t	d. (obs.)	d. (calc.)
11°,1	0,8656	0,8656	76°,0	0.8121	0,8120
35°,5	0,8456	0,8456	108°,1	0,7848	0,7848
54°,6	0,8300	0.8298			

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0,8746 - 0._3 81\, t - 0._6\, 19\, t^2$$

Cette formule fournit des valeurs très concordantes avec celles qu'on déduit des observations de M. Perkin[1]

t	d. (calc.)	d. (Perkin)
4°	0,8768	0.8768
35°	0,8514	0,8514
75°	0,8182	8,8182

Constantes capillaires.

t°	d	corr	h	γ	γ (vM) ²/₃	k
7°4	0,8686	—	2 833	27,92	746,1	2.15
108°4	0,7846	0,0010	2,078	18,47	528,8	

$r = 0.02313$ $M = 120$

DURÈNE $C_6H_2(CH_3)_4$ (1. 2. 4. 5.)

Echantillon provenant de la Faculté des Sciences de Paris. Des mesures de densité n'ont été effectuées qu'aux températures pour lesquelles on a déterminé les ascensions capilllaires.

Constantes capillaires.

t	d	corr.	h	γ	γ (Mv) ²/₃	k
108°,5	0,820	—	2.273	21,14	631,8	2.14
210°,2	0,736	0,004	1.543	12,88	413,1	

$r = 0,02313$ $M = 134.$

PENTA MÉTHYLBENZÈNE $C_6H(CH_3)_5$.

Provenant de la Faculté des Sciences de Paris.

[1] Perkin, *Trans. Chem. Soc.* 196, p. 1193.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
75°,5	0,8757	0,8757	157°,8	0,8131	0,8132
107°,8	0,8516	0,8517	197°,0	0,7822	0,7820

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0{,}8757\text{-}0{,}_3734\,(t\text{-}75{,}5) - 0{,}_631\,(t\text{-}75{,}5)^2.$$

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
108°,1	0,8514	—	2,445	23,61	735,5	2,165
207°,4	0,7735	0,0035	1,789	15,63	520,5	

$r = 0{,}02313$ M $= 148$.

BIPHÉNYLE $C_6H_5\text{-}C_6H_5$.

Du commerce, purifié par cristallisation.

Densités.

t	d (obs.)
83°,4	0,9855
118°,0	0,9593
179°,4	0,9053

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
129°,2	0,950	—	2,430	28,64	851,6	2,22
179°,7	0,903	0,003	2,153	24,04	739,4	

$r = 0{,}0253$ M $= 154$

DIPHÉNYLÉTHANE SYM. $C_6H_5\ CH_2\text{-}CH_2\ C_6H_5$.

Provenant de la Faculté des Sciences de Paris.

Densités.

t	d (obs.)	t	d (obs.)
75°,7	0,9454	158°,8	0,8828
107°,8	0,9212	210°,2	0,8438

Constantes capillaires.

108°,3	0,9209	—	2,667	27,86	931,4	2,49
210°,2	0,8438	0,0025	2,002	19,11	677,1	

$r = 0{,}02313$ M $= 178$.

DIPHÉNYLMÉTHANE

Echantillon provenant de la fabrique Kahlbaum : fractionné et cristallisé.

Densités.

54°,3	1,1724
75°,9	1,1519
107°,9	1,1264
153°,0	1,0879
210°,0	1,0152

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
107,9	1,1264	—	2,577	32,932	926,2	2,25
210,4	1,0148	0,0010	2,005	23,064	695,8	

$r = 0{,}02313$ $M = 168$.

NAPHTALINE $C_{10}H_8$.

Purifiée par cristallisation. Les mesures de densité n'ont été effectuées qu'aux températures pour lesquelles on a mesuré les ascensions capillaires.

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
127°,0	0,9400	—	2,399	27,98	740,6	2,29
177°,2	0,8962	0,0022	2,061	22,86	625,8	

$r = 0{,}0253$ $M = 128$

ACÉNAPHTÈNE. $C_{12}H_{10}$.

P. F. 95°,5.

Même remarque au sujet des mesures de densité que pour la naphtaline.

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
128°,6	1,003	—	2,521	31,36	899,6	2,31
178°,7	0,962	0,002	2,233	26,60	784,0	

$r = 0{,}0253$ $M = 154$

ANILINE. $C_6H_5NH_2$.

Préparée à partir du nitrobenzène. Le produit obtenu

a été chauffé trois jours sur de l'oxyde de plomb, distillé, puis redistillé sur le sodium directement dans le tube servant aux mesures.

Constantes capillaires.

t	h	d	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
19°,5	2,912	1,018	40,84	827,0	
44°,4	2,792	0,999	38,36	787,8	1,49
77°,7	2,631	0,970	35,06	734,6	1,60

$r = 0{,}0280$ $M = 93$

MÉTHYLANILINE. $C_6H_5\ NH\ CH_3$.

Echantillon provenant de M. le prof. Kalbaum, à Bâle.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
0°,0	1.0027	1,0027	75°,5	0,9403	0,9407
12°,7	0,9925	0,9925	89°,7	0,9284	0,9287
37°,3	0,9724	0,9724	107°,5	0,9136	0,9136
54°,3	0,9584	0,9584	157°,6	0,8702	0,8702

Formule d'interpolation.

$$d_t = 1.0027 - 0_3{,}0803\ t - 0_6{,}242\ t^2.$$

M. Kahlbaum indique $d_{20} = 0{,}9891$, tandis que nous trouvons $d_{20} = 0{,}9866$.

Constantes capillaires.

t	d	corr.	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
9°,9	0,9947	—	3,473	39,19	886,5	
108°,5	0,9128	—	2,783	26,37	690,2	1,991
210°,8	0,8227	0,0041	1,997	18,54	477,7	2,077

$r = 0{,}02313$ $M = 107$

DIMÉTHYLANILINE $C_6H_5\ N\ (CH_3)_2$.

Purifiée comme l'aniline.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
16°,7	0,9589	0,9589	98°,9	0,8900	0.8896
34°,1	0.9445	0,9444	111°,0	0,8805	0,8801
56°,2	0,9263	0,9261	177°,5	0,8204	0,8207

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0,9589 - 0,_3825\,(t - 16,7) - 0,_622\,(t - 16,7)^2.$$

Constantes capillaires

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Ma)^2/_3$	k
22°7	0,9540	—	2,983	35,31	891,5	
43,5	0,9368	—	2,823	32,81	838,6	2,39
76,7	0,9086	—	2,593	29,24	762,5	
99,0	0,8895	0,0005	2,425	26,80	708,3	

$r = 0,0253$ $M = 121$

ETHYLANILINE $C_6H_5\ NH\ C_2H_5$.

Echantillon provenant de M. le prof. Kahlbaum, à Bâle.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
0°0	0,9796	0,9796	75°6	0,9161	0,9161
13,1	0,9686	0,9687	89,9	0,9039	0,9039
37,5	0,9484	0,9483	107,9	0,8886	0,8885
54,1	0.9343	0,9343	158,2	0,8450	0,8450

Formule d'interpolation.

$$d_t=0,9796-0,_3831t-0,_6124t^2$$

d_{20} (obs.) 0,9629 d_{20} (Kahlb.) 0,9631

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	j	$\gamma(Mv)^2/_3$	k
7°4	0,9738	—	3,373	37,26	927,9	2,286
107,8	0,8886	0,0006	2,618	22,89	698,4	2,160
210,0	0,7996	0,0038	1,857	16,76	477.6	

$r=0,02313$ $M=121$

DIÉTHYLANILINE $C_6H_5\ N(C_2H_5)_2$.

Echantillon provenant de M. le prof. Kahlbaum.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
0°0	0,9508	0,9508	76°0	0,8892	0,8896
10,8	0,9422	0,9423	91,0	0.8770	0,8772
36,1	0,9221	0.9220	107,7	0,8631	0,8632
54,4	0,9070	0.9073	158,0	0,8206	0,8205

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0{,}9508 - 0{,}_3785\,t - 0{,}_6259\,t_2.$$

d_{20} (obs.) 0,9350 d_{20} (Kahlbaum) 0,9350.

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
107°7	0,8632	0,0006	2,417	23,65	728,0	2,337
210,0	0,7745	0,0036	1,672	14,62	488,9	

$r = 0{,}02313$ $M = 149$

o-Toluidine $C_6H_4\ CH_3\ NH_2$ (1. 2.).

P. E. 197°,8 — 198° sous 727 mm.

Densités.

t	*d (obs.)*	*d (calc.)*	*t*	*d (obs.)*	*d (calc.)*
11°1	1,0057	1,0057	92°3	0,9378	0,9377
54,2	0,9697	0,9697	107,5	0,9249	0,9249
75,7	0,9517	0,9516	158,1	0,8822	0,8822

Formule d'interpolation.

$$d_t = 1{,}0149 - 0{,}_3833\,t - 0{,}_74\,t^2.$$

Comme terme de comparaison voici les valeurs obtenues par deux expérimentateurs.

t	*d (calc.)*	*d Perkin* [1]	*d Neubeck* [2]	Δ
4°0	1,0116	1,0112	—	+0,0004
20,0	0,9983	0,9981	—	+0,0002
143,0	0,8951	—	0,8934	+0,0017
199,0	0,8475	—	0,8433	+0,0042

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
8°1	1,008	—	3,565	39,09	876,5	2,04
108,4	0,926	0,001	2,815	28,33	672,0	2,06
208,5	0,839	0,004	2,008	18,33	465,9	

$r = 0{,}02313$ $M = 107$

p-Toluidine. $C_6H_4\ CH_3\ NH_2$ (1. 4.).

Provenant de la fabrique Kahlbaum. Purifiée par distillation avec les vapeurs d'eau et fractionnement.

[1] Loc. cit.

[2] Loc. cit.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
54°3	0,9576	0,9576	107°6	0,9130	0,9127
75,7	0,9397	0,9397	157,9	0,8698	0,8698
91,1	0,9268	0,9267			

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0,9612 - 0,_3837\ (t\text{-}50) - 0,_794\ (t\text{-}50)^2.$$

Des mesures de M. Perkin, on déduit :

$$d_{55} = 0,9568$$

nous trouvons :

$$d_{55} = 0,9570$$

Voici en outre la comparaison de nos résultats avec ceux de M. Neubeck [3].

t	d	d Neubeck	Δ
143°1	0,8842	0,8829	+ 0,0013
168,0	0,8624	0,8613	+ 0,0022
201,5	0,8322	0,8300	+ 0,0022

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
107°0	0,9133	0,0003	2,618	27,12	649,5	1,721
210,6	0,8244	0,0035	1,971	18,35	471,9	

$r = 0,02313$ $\quad$ M = 107

DIMÉTHYL-O.TOLUIDINE.

Provenant de la fabrique Kahlbaum. Purifiée par fractionnement. P. E. 180-180.2 sous 720 mm.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)
0,0	0,9447	0,9447
14,2	0,9329	0,9329
34,9	0,9161 ?	0,9154
98,7	0,8599	0,8598
151,4	0,8118	0,8118

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0,9447 - 0,_3828\ t - 0,_633\ t^2$$

Constantes capillaires.

t	*h*	*d*	γ	γ(M*v*)²/₃	*k*
16,5	3,003	0,931	31,72	875,4	2,49
151,1	1,939	0,811	17,84	539,9	

r = 0,02313 M = 135

DIPHÉNYLAMINE $(C_6H_5)_2$ NH.

Densités.

t	*d (obs.)*	γ	*d (obs.)*
77°0	1,0418	178°5	0,9618

Constantes capillaires.

t	*d (obs.)*	*corr*	*h*	*j*	γ(M*v*)²/₃	*k*
77°2	1,042	—	2,561	36,66	1094,8	2,57
180,7	0,960	—	2,003	26,30	829,4	

r = 0,0280 M = 169

PYRIDINE C_5H_5 N.

Purifiée suivant la méthode de M. Ladenburg en décomposant le chlorure double de mercure et de pyridine par la potasse. La pyridine a ensuite été séchée sur la potasse. P. E. 113°,7 sous 725 mm.

Densités.

t	*d* (obs.)	*d* (calc.)	*t*	*d* (obs.)	*d* (calc.)
16°,6	0,985	0,985	56°,2	0,946	0,946
24°,5	0,977	0,977	55°,4	0,936	0,936
36°,0	0,966	0,967	83°,7	0,918	0,918
45°,8	0,956	0,956			

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0{,}9854 - 0{,}_2\,100\ (t\text{-}16{,}6)$$

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	γ(M*v*)²/₃	*k*
17°,5	0,985	—	3,731	36,69	682,7	
56°,3	0,946	—	3,266	30,86	589,6	2,14
78°,6	0,923	—	3,094	28,53	554,0	2,20
91°,0	0,911	0,001	2,930	26,54	521,1	

r = 0,02037 M = 79

NITRILES. — Dans un précédent travail[1], nous avons

[1] *Bull. Soc. Chim.*, T. 19, p. 321.

publié les résultats de nos mesures sur les trois premiers nitriles de la série grasse ainsi que sur l'acétone et l'acétophénone, nous reproduisons ici ces mesures en les complètant par quelques nouvelles données sur d'autres termes de ces deux séries.

Acétonitrile. — Un échantillon (A), provenant de la maison Kahlbaum, a été traité à froid par l'acide chlorhydrique dilué, puis par le carbonate de potasse et désséché par l'anhydride phosphorique. Point d'ébullition constant à 80°,2 sous la pression de 737 mm.

Un autre échantillon (B), provenant également de Kahlbaum, n'a pu être purifié aussi complètement. Point d'ébullition, 79°,9-80°1, sous 732 mm.

Densités.

A.			B.	
t	*d* (obs.)	*d* (calc.)	*t*	*d* (obs.)
0°0	0,8036	0,8036	»	»
11,1	0,7919	0,7919	»	»
15,0	0,7877	0,7877	»	»
25,0	0,7770	0,7770	25°0	0,7776
35,15	0,7660	0,7660	33,7	0,7685
45,7	0,7545	0,7544	43,2	0,7578
56,0	0,7429	0,7429	55,7	0,7439
65,5	0,7320	0,7323	64,9	0,7332

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0{,}8036 - 0{,}_2105t - 0{,}_66t^2.$$

Constantes capillaires.

	t	*h*	*d*	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
A.	16°1	3,732	0,787	409,2	1,51
	56,1	3,242	0,743	348,7	1,56
	90,8	2,800	0,701	294,6	
			$r=0{,}02037$		
B.	20,7	3,665	0,782	401,0	1,50
	55,6	3,240	0,744	348,7	1,53
	89,3	2,812	0,703	297,0	
			$r=0{.}2037$		M=41

PROPIONITRILE. — Échantillon provenant de la fabrique Kahlbaum, purifié par la méthode déjà indiquée pour l'acétonitrile. Point d'ébulition 95°,5-95°,6 sous la pression de 735 mm.

On a identifié ce propionitrile avec celui employé pour les déterminations de densités de M. Thorpe, dont on a utilisé les données.

Coefficient d'association. — Le coefficient d'association du propionitrile a été déterminé par MM. Ramsay et Shields qui l'ont trouvé de 1,71-1,86 entre 17° et 78°, tandis que par la méthode des volumes moléculaires on obtient une valeur beaucoup plus faible (1,2 à 20°).

M. Traube[1] ayant mis en doute les résultats de MM. Ramsay et Shields, nous avons cru bien faire d'effectuer de nouvelles déterminations d'ascensions capillaires; celles-ci ont donné les résultats suivants :

t	h	d	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
13°0	2,847	0,789	520,6	
				1,67
33,7	2,671	0,768	486,0	
				1,74
76,5	2.308	0,722	411,4	
		$r = 0,02802$	$M = 55$	

Nos résultats diffèrent d'une manière sensible de ceux de MM. Ramsay et Shields, la différence étant dans le sens indiqué par M. Traube.

BUTYRONITRILE C_3H_7 CN.

La purification d'un premier échantillon de butyronitrile par la méthode indiquée précédemment n'a pas donné de bons résultats, il en a été de même pour un certain nombre d'essais par d'autres méthodes. Finalement on a conservé une portion (A) distillant 113°,7-114°,1 sous 710 mm.

[1] *Berichte Chem. Ges 30.* 265.

Un second échantillon (B), provenant de la fabrique Kahlbaum, a été purifié très complètement par la méthode ordinaire.

Point d'ébullition 115°,4-115°,6 sous la pression de 739 mm.

Densités.

A.		B.		
t	d (obs.)	t	d (obs.)	d (calc.)
19°65	0,7913	0°0	0.8092	0,8092
34,1	0.7775	12,7	0,7981	0,7977
45,05	0,7678	32,8	0,7794	0.7791
55,6	0,7577	63,65	0.7502	0,7501
64,6	0,7486	76,6	0,7378	0,7377
77.3	0,7361	97,5	0,7175	0,7176

Formule d'interpolation :

$$d_t = 0,8092 - 0,_3909t - 0,_632t^2.$$

Coefficient d'association.

t	h	d	$\gamma(Mv)^2/_3$	k
13°0	2,787	0,798	594,6	
34,2	2,617	0,778	556,3	
78,1	2,280	0,736	477,8	1,89
96,4	2,116	0,719	437,0	

$r = 0.02802$

P. TOLUNITRILE C_6H_4 CH_3 CN (1.4.)

P. F. 28°,5.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)	t	d (obs.)	d (calc.)
46°7	0,9606	0,9606	113°3	0,9064	0,9064
54,7	0,9539	0,9540	175,6	0,8503	0,8503
62,6	0,9475	0,9474			

Formule d'interpolation.

$$d_t = 0,9606 - 0,_383\ (t\text{-}46,7) - 0,_620\ (t\text{-}46,7)^2$$

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
55°0	0,954	—	2,438	31,94	788,4	
						2,05
126,0	0,894	—	2,031	24,93	642,3	
						1,88
178,8	0,848	0,002	1,752	20,36	543,4	

$r = 0,0280$ M = 117

ACÉTONE. — L'acétone employée a été purifiée par fractionnement. A partir de trois litres d'acétone pure du commerce, on a obtenu environ un litre distillant de 55°,15 à 55°,20, sous la pression de 733 mm.

Densités. — L'acétone a été identifiée avec celle ayant servi aux déterminations de densités de M. Thorpe; on s'est servi de la formule de dilatation indiquée par ce savant.

Constantes capillaires, — MM. Ramsay et Shields [1] indiquent pour le coefficient d'association la valeur 1,26 entre 17° et 46°, tandis que, par la méthode des volumes moléculaires, on obtient 1,7 à 20°. En raison de ces résultats contradictoires, de nouvelles mesures d'ascensions capillaires ont été effectuées sur ce corps.

t	*h*	*d*	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
— 1°2	3,208	0,820	440,8	
21,8	2,904	0,780	395,7	
				1,825
33,8	2,769	0,794	374,1	
55,6	2,515	0,758	336,7	

$r = 0,01998$ M = 58

MÉTHYLÉTHYLCÉTONE $CH^3\ CO\ C_2\ H_5$.

Ce corps a été purifié de la façon indiquée par M. Thorpe; on a aussi emprunté les densités à cet auteur. La méthyléthylcétone obtenue bouillait à 77°,5-78°,2 sous 730 mm.

[1] Loc. cit.

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
4°5	0,825	—	3,149	25,46	504,7	
						1,89
41,6	0,787	—	2,777	21,40	434,7	
						1,82
74,6	0,751	0,002	2,436	17,88	374,5	

$r = 0{,}01998$ $\qquad$ $M = 72$

ACÉTOPHÉNONE. — L'acétophénone employée a été purifiée par des cristallisations répétées jusqu'à point de fusion constant (F. 20°,5).

A partir de 400 gr. d'acétophénone du commerce, on a obtenu environ 100 gr. de produit distillant de 200°,9-201° sous la pression de 725 mm.

Densités.

t	d (obs.)	d (calc.)
21°6	1,0267	1,0267
23,9	1,0247	1,0247
33,6	1.0163	1.0165
44.2	1,0073	1,0073
55,6	0,9973	0,9972
64,4	0,9890	0,9890
77,1	0,9778	0,9778
91,9	0,9642	0,9642
114,2	0,9434	0,9432

Formule d'interpolation.

$$d_t' = 1{,}0267 - 0{,}_3 8467\,(t\text{-}21{,}6) - 0{,}_6 596\,(t\text{-}21{,}2)^2.$$

Constantes capillaires.

t	d	corr	h	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	k
24,5	1,0242	—	3,773	37,85	906,4	
74.9	0,9799	—	3,293	32,35	794.1	2,12
127.2	0,9307	—	2,950	26,90	686,5	
	$r = 0{,}01998$					
19,5	1,0285	—	3,759	38,62	922,1	
77.4	0,9776	—	3,255	31,79	785,1	2,17
171,5	0,8864	0,0025	2,540	22,49	592.9	

$r = 0{,}01998$ $\qquad$ $M = 122$

BENZOPHÉNONE C_6H_5 CO C_6H_5.

Echantillon déjà purifié servant à la vérification des thermomètres.

Densités.

t	*d (obs.)*	*d (calc.)*	*t*	*d (obs.)*	*d (calc.)*
57°0	1,0800	1,0800	157°7	0,9991	0,9992
83,3	1,0592	1,0591	180,0	0,9810	0,9812
99,0	1,0463	1,0466			

Formule d'interpolation.

$$d_t = 1{,}0800 - 0{,}_3790\,(t\text{-}57) - 0{,}_612\,(t\text{-}57)^2.$$

Constantes capillaires.

t	*d*	*corr*	*h*	γ	$\gamma(Mv)^{2/3}$	*k*
33°5	1,099	—	3,862	42,38	1278,3	
						2,62
89,4	1,054	—	3,466	36,50	1131,6	
						2,63
173,9	0,986	—	2,848	28,05	909,3	

$r = 0{,}02037$ M = 182

I. Dans le tableau suivant on trouvera les valeurs moyennes du coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire pour les différents liquides que nous avons étudiés. Les valeurs marquées d'une astérisque sont empruntées aux mémoires de MM. Ramsay et Shields, Ramsay et Aston ; nous les avons introduites dans ce tableau afin de complèter nos séries.

TABLEAU I.

Corps	k	Corps	k
Benzène *	2,10	Hexane	2,11
Toluène*	2,12	Octane *	2,24
m. Xylène	2,20		
Mésitylène	2,15	Diphényle	2,22
Durène	2,14	Naphtaline	2,29
Pentaméthylbenzène	2,165	Acénaphtène	2,31
		Diphénylméthane	

Corps	k	Corps	k
Aniline	1,60-2,05	Diphényléthane (sym)	2,49
Méthylaniline	1,99-2,08		
Ethylaniline	2,22		
Diméthylaniline	2,39	Acétone	1,83
Diéthylaniline	2,34	Méthyléthylcétone	1,85
o. Toluidine	2,05	Méthylpropylcétone*	2,01
p. Toluidine	1,72	Acétophénone	2,14
Diméthyl o. toluidine	2,49	Benzophénone	2,63
Diphénylamine	2,57		
Pyridine	2,17		
Quinoléine	2,43		
Acétonitrile	1,50-1,56 (entre 16 et 90)		
Propionitrile	1,67-1,74 (entre 13 et 76)		
Butyronitrile	1,89 (entre 17 et 96)		
Benzonitrile*	2,13		
p. Toluonitrile	1,88-2,05 (entre 57 et 180)		

Il résulte de nos expériences, rapprochées de celles d'autres observateurs, que la dérivée de l'énergie superficielle moléculaire s'écarte notablement de la valeur moyenne 2.12 dans un grand nombre de cas.

Pour les hydrocarbures à plusieurs noyaux benzéniques condensés, les anilines substituées, la benzophénone, ces valeurs conduisent notamment à un poids moléculaire trop faible, sans que l'on puisse attribuer ces résultats anormaux à des erreurs d'expérience.

MM. Ramsay et Shields avaient déjà observé quelques cas analogues, mais ces exemples étaient jusqu'ici isolés (octane, quinoléine, paraldéhyde).

On remarque que les variations de *k* ont lieu aussi bien dans une même série homologue que d'un groupe de composés chimiques de même composition à un autre.

Dans les séries homologues, la constante augmente au fur et à mesure que l'on considère les termes plus élevés de la série : c'est là un fait général, peut-être faudrait-il en tirer la conclusion que les premiers termes des séries étudiées jusqu'ici sont tous polymérisés à l'exception des hydrocarbures qui eux donnent précisement de très petites variations (voir benzène et ses dérivés).

Dans la série des éthers gras, étudiés par MM. Ramsay et Aston, les premiers termes (formiate de méthyle et d'éthyle) donnent des valeurs de k voisines de 2 (2.02-2.04), tandis que pour les termes plus élevés (Isobutyrate de méthyle) cette valeur atteint 2.25.

On pourrait en conclure que les premiers termes des éthers sont faiblement polymérisés, ce qui concorderait avec beaucoup d'autres observations.

Parmi les anilines, celles dont les atomes d'hydrogène liés à l'azote ne sont pas substitués, ou dont un seul est substitué, conduisent toutes à des valeurs de k plus faibles que les autres.

On serait donc fondé à considérer la méthylaniline par exemple comme un liquide polymérisé quoique sa constante (1.99-2.08) rentre dans les limites fixées par MM. Ramsay et Shields.

Nous verrons plus loin que cette manière de voir est confirmée par des considérations tirées du calcul de la température critique.

Les variations de la constante d'un groupe de corps à un autre ressortent avec évidence de notre travail.

Tandis que pour les hydrocarbures aromatiques à un noyau benzénique la valeur moyenne de k est sensiblement 2.12, elle atteint environ 2.30 pour les hydrocar-

bures à deux noyaux benzéniques, 2.30-2.35 pour les anilines.

Il est donc à présumer que sur ce point les conclusions de MM. Ramsay et Shields ne sont pas aussi générales qu'elles ont pu le paraître au premier abord : il semblerait bien plutôt que la constante k dont la valeur est à peu près constante pour tous les groupes de corps à point d'ébullition peu élevé est soumise à des variations certainement appréciables lorsque l'on considère des groupes à température d'ébullition plus élevée.

Connaissant la tension superficielle d'un liquide non polymérisé à la température t on peut calculer sa température critique t_c par la formule

$$t_c = \frac{\gamma(Mv)^{2/3}}{k} + t + d$$

en admettant pour d la valeur moyenne 6.

Nous avons effectué ce calcul pour tous les corps que nous avons étudiés et dont les températures critiques ont été déterminées expérimentalement, en prenant la moyenne des valeurs de k et en calculant t_c à partir de chaque valeur de $(\gamma Mv)^{2/3}$.

Les quelques exemples ci-dessous donneront une idée de la précision des résultats.

	k (moyenne)	t	$\gamma(Mv)^{2/3}$	t_c (calc)
		15.7	712.4	345.5
m. Xylène	2.20	74.9	583.4	346.1
		147.7	445.8	345.3
		33.5	1278.3	526.4
Benzophénone	2.63	29.4	1131.6	526.5
		173.9	909.3	526.3

TABLEAU 2.

Corps	Tc(calc)	Tc(obs)	Observateur
Hexane	237.6	234.8	(Young)
m. Xylène	345.6	345.6	(Altschul)
Mésitylène	360.4	367.7	»
Durène	409.5	402.5	
Biphényle	518.8	495.6	(Guye et Mallet)
Naphtaline	456.8	468.2	»
p. Toluonitrile	458.3*	450.0	(Guye et Radice)
Aniline	544	427	»
Méthylaniline	453.1	428.6	»
Ethylaniline	430	425.4	»
Diméthylaniline	403.7	414.5	»
Pyridine	338.4	344.2	»

Comme on le voit, les résultats ne sont pas très satisfaisants. Pour les substances à point d'ébullition peu élevé, les températures critiques calculées par la formule de MM Ramsay et Shields concordent, à quelques degrés près, avec les valeurs expérimentales; pour les substances bouillant plus haut (en moyenne au-dessus de 250°) la précision ne dépasse pas 15-25 degrés. Il est à présumer que dans ce cas les écarts doivent être attribués au fait que la quantité d cesse d'être une constante égale à 6, plutôt qu'à des variations de k avec la température.

L'aniline et la méthylaniline que nous avons déjà été amenés à considérer comme polymérisées donnent de plus grandes différences, cela ne peut s'expliquer que par une variation du poids moléculaire avec la température; l'équation de condition entre $\gamma(Mv)^{2/3}$ et t n'étant plus celle d'une droite.

Cette constatation, plus que le fait que la constante k d'un corps ne rentre pas dans les limites fixées par

MM. Ramsay et Shields, doit nous permettre de conclure qu'un corps est polymérisé.

Nous n'avons pas cherché à déterminer le degré de polymérisation des substances polymérisées que nous avons étudiées; ce calcul ne pouvait être effectué qu'en admettant pour k une valeur moyenne unique et nos recherches montrent précisément que souvent on n'est pas en droit de le faire.

II. A partir de la tension superficielle, on peut également calculer la pression critique d'un liquide.

M. Van der Waals a démontré que si le rayon d'attraction moléculaire est le même pour tous les corps, la tension superficielle est proportionnelle à la pression critique Pc.

$$\gamma = \mathrm{K}.\,\mathrm{P}c$$

Si, au contraire, le rayon est proportionnel aux dimensions linéaires des molécules on arrive à la relation :

$$\gamma^3 = \mathrm{K}_1\,\mathrm{P}c^2\,\mathrm{T}c$$

γ étant déterminé pour les différents corps à des températures correspondantes.

Nous sommes arrivés à une relation du même genre, guidés par les considérations suivantes :

Envisageons l'équation :

$$\gamma(\mathrm{M}v)^{2/3} = \mathrm{K}\,(\mathrm{T}c - \mathrm{T} - d)$$

dans laquelle T_c et T sont des températures absolues, et supposons que pour chaque corps on mesure la tension superficielle à une température T telle que

$$\mathrm{T} - d = n\,\mathrm{T}_c \qquad (2)$$

c'est-à-dire en se plaçant, pour tous les corps, à des températures à très peu près correspondantes.

L'équation (1) devient

$$\gamma(Mv)^{2/3} = k\,(1\text{-}n)\,T_c \qquad (3)$$

D'autre part on connaît la relation approchée

$$Mv_c = A\,\frac{T_c}{p_c} \qquad (4)$$

ou Mv_c et p représentent le volume moléculaire et la pression critique: la loi des états correspondants donne en outre:

$$\frac{Mv_c}{Mv_1} = \frac{M'v'_c}{M'v'_1} = \frac{M''v''_c}{M''v''_1} = \ldots\ldots \qquad (5)$$

si Mv_1, $M'v'_1$, $M''v''_1$ ...... se rapportent à des températures correspondantes. Grâce à cette considération, l'équation devient:

$$Mv_1 = B\,\frac{T_c}{p_c} \text{ ou } T_c = \frac{Mv_1\,p_c}{B}$$

remplaçant cette valeur de T_c dans l'équation (3) on obtient la formule :

$$\gamma(Mv_1)^{2/3} = k\,(1\text{-}n)\,\frac{Mv_1\,p_c}{B}$$

ou

$$p_c = Q\,\frac{\gamma(Mv_1)^{2/3}}{Mv_1} = Q\,\frac{\gamma}{\sqrt[3]{Mv_1}}$$

Il était illusoire, vu le fait que la quantité k n'est pas absolument constante et qu'en outre les relations (4) et (5) ne sont qu'approchées, de se placer rigoureusement aux températures correspondantes pour vérifier cette équation. Nous avons fait cette vérification simplement à la température d'ébullition sous 760mm.

On trouvera dans le tableau suivant les pressions cri-

tiques calculées pour différents corps en prenant la constante Q = 11, 1, ainsi que la comparaison de ces valeurs avec les pressions observées par MM. Young, Young et Thomas, Altschul, Guye et Mallet, ces dernières encore inédites. Les tensions superficielles ont été prises dans les travaux de MM. Ramsay et Shields, Ramsay et Aston et dans le présent mémoire.

Corps	$\gamma (Mv)^{2/3}$	*Mv*	P_c *calc.*	P_c *obs.*	Δ
$H\ CO_2\ CH_3$	360	62,3	63,6	59.3	+ 4.3
$H\ CO_2\ C_2\ H_5$	358	84.4	47,1	46.8	+ 0,3
$H\ CO_2\ C_3\ H_7$	378	105,7	39,7	40.1	− 0.4
$CH_3\ CO_2\ CH_3$	363	83.7	48,1	46,3	+ 1.8
$CH_3\ CO_2\ C_2\ H_5$	372	106,2	38,9	38,0	+ 0,9
$CH_3\ CO_2\ C_3\ H_7$	376	128,5	32.5	33.2	− 0.7
$C_2\ H_5\ CO_2\ CH_3$	376	105,3	39,6	39,5	+ 0.1
$C_2\ H_5\ CO_2\ C_2\ H_5$	378	128,0	32,8	33,2	− 0.4
$C_3\ H_7\ CO_2\ CH_3$	388	127.0	33.9	34.2	− 0.3
$C_3\ H_7\ CO_2\ CH_3$ (iso)	382	126.8	33,6	33,9	− 0,3
$(C_2\ H_5)_2\ O$	328	106,3	34,2	34,9	− 0,7
$C_6\ H_6$	424.5	95,8	49,1	47,9 [1]	+ 1,2
$C_6\ H_5\ CH_3$	427	117,9	40.2	41,6	− 1.4
$C_6\ H_4\ (CH_3)_2$ (1.3.)	444	140,2	35.2	35.8	− 0.6
$C_6\ H_3\ (CH_3)_3$ (1.3.5.)	410	162.8	28.0	33,2 (?)	− 5.2
$C_6H_2\ (CH_3)_4$ (1.2.4.5.)	456	178.0	28,5	29,0	− 0.5
$C_6\ H\ (CH_3)_5$	504	192.9	28,5	—	
$C_6\ H_5\ Cl$	461	114.6	44.6	44.7	− 0.1
$C\ Cl_4$	421	104.3	44.8	45,0	− 0.2
$C_{10}H_8$	509	149,1	38.1	40	− 1.9
C_6H_{14}	344.5	139.1	27,5	29.6	− 2.1
Dimethylaniline	486	149.8	36.0	36.5	− 0.5
Ethylaniline	491	150,3	36.3		
Diéthylaniline	441	194,5	27,5		
Pyridine	465	89,2	57.8		

[1] Altschul indique 50.1.

La précision de notre formule est à peu près celle de MM. Ramsay et Shields dont elle a été déduite. Elle permet de prévoir, à une atmosphère près, la pression critique d'une substance [1].

Laboratoire de chimie physique de l'Université de Genève, décembre 1899.

[1] Au cours de nos recherches nous avons également établi la relation tout empirique

$$P_c = \frac{Te}{Mv}\left(13{,}8 + \frac{Mv}{100}\right)$$

dans laquelle Mv est le volume moléculaire à la température d'ébullition sous 760mm, et Te cette température absolue.

La précision de cette formule est à peu près celle de la précédente. Voici du reste quelques valeurs à titre d'exemple.

Corps	Pc (*calc.*)	Pc (*obs.*)	Δ	*Corps*	Pc (*calc.*)	Pc (*obs.*)	Δ
C_5H_{12} iso	32,4	32,9	0,5	$(C_2H_5)_2O$	36,9	35,5	1,3
C_8H_{18}	25,6	25,2	0,4	$NH_2C_3H^7$	54,8	56	1,2
C_6H_6	47,4	48,0	0,6	$(C_2H_5)_2O$	52,5	54	1,5
$C_6H_4(CH^3)_2$ (1.2.)	36,8	36,9	0,1	$SnCl_4$	36,8	37	0,2
$C_6H_3(CH_3)_3$ (1.2.3.)	32,5	32,2	0,3	SO_2	80,4	78,9	1,5
C_6H_5I	44,9	44,6	0,3	N_2	32,5	32.3	0,2

LA VIE DE LA MATIÈRE

par **Ch.-Ed. GUILLAUME.**

Allocution prononcée à la séance d'ouverture de la Société helvétique des sciences naturelles à Neuchâtel, le 31 juillet 1899

Parler de la vie de la matière peut paraître un contresens. La matière n'est-ce pas, par définition même, et par exclusion, ce qui est privé de vie? Et cependant, autour de nous tout se détruit. La pierre s'effrite, le verre s'irise et se sépare en lamelles, les métaux deviennent fragiles et finissent parfois par tomber en poussière.

Nous savons cependant que tout atome se conserve, et nous ne pouvons pas dire que la matière meure; mais une forme déterminée de la matière peut mourir, et pour mourir, il faut qu'elle ait vécu. C'est ainsi que nous entendrons la vie de la matière, cette transformation lente et continue, se poursuivant parfois pendant des siècles, toujours dans le même sens, qui est celui de la destruction de la forme artificielle, et la tendance vers une forme ultime au delà de laquelle tout déplacement interne a cessé, forme cristalline ou poussière, forme plus noble ou retour aux éléments constitutifs. Tant que cette forme n'est pas atteinte, la matière vit et se modifie. Elle se transforme en s'adaptant, comme tout organisme vivant, aux conditions d'existence qui lui sont faites, se défendant parfois avec succès.

mais cessant d'exister sous sa forme actuelle lorsque les circonstances extérieures lui sont par trop défavorables.

La matière est une, elle vit, elle évolue, disaient les hermétistes ; et ce credo, qui motivait la recherche de la pierre philosophale, a guidé l'alchimie pendant de longs siècles. A ses débuts, la chimie a pensé faire bonne justice de cette croyance; elle considérait les éléments comme des créations distinctes, et la transmutation comme une impossibilité absolue. On est moins affirmatif aujourd'hui : et, si l'on considère encore la transmutation comme une opération au-dessus de nos moyens, on n'est pas éloigné d'admettre que le passage d'un élément à un autre soit une opération possible dans le sens absolu du mot.

Demeurons cependant un instant à cette idée de l'unité de la matière. Croyance vague des alchimistes, idée mal fondée dans l'esprit de la plupart de ses adeptes, elle n'est point aussi dénuée de lien avec le raisonnement ou l'expérience que beaucoup se l'imaginent. Comment expliquer la parenté évidente des corps chimiques, de ceux que nous nommons les corps simples, si l'on n'admet pas une souche commune? Tout nous dit que les éléments forment des familles, et il faudrait nier l'évidence pour affirmer qu'ils sont entièrement distincts.

Mais il y a plus ; il est une propriété par laquelle ils sont tous identiques, c'est leur constante newtonienne. Cette constante, la plus importante de celles de la nature est la même pour tous les corps, quelle que soit leur espèce, quel que soit leur état d'agrégation chimique ou leur état physique. Alors que tout nous permet de distinguer un corps d'un autre, nous les considérerions comme identiques si leur attraction mutuelle était la seule de

leurs propriétés que nous soyons en mesure d'apprécier.

D'autre part, d'admirables recherches faites dans ces dernières années[1] nous autorisent à admettre que l'on a réussi à briser l'atome chimique par des décharges électriques dans la matière gazeuse, et l'état d'agglomération de l'atome, que l'on soupçonnait devoir exister, est devenu une réalité palpable. C'est peut-être ce sous-atome, qu'on semble avoir déjà isolé, peut-être un corpuscule plus ténu encore, qui est l'élément ultime de la matière, celui dont tous les représentants sont identiques, et qui transporte, sur les corps visibles qu'il forme, la seule propriété additive qu'il possède, la masse. La première loi de Newton n'est plus dès lors qu'une autre forme de l'expression du fait suivant lequel les forces attractives dues aux masses seules s'exercent sans diminution à travers tous les écrans.

S'il en est vraiment ainsi, si nous ne nous faisons pas d'illusions quand nous affirmons que l'atome a pu être séparé en des éléments semblables quelle que soit la matière d'où il émane, nous touchons au rêve des alchimistes.

Mais ce n'est point de cette évolution, ni même de sa possibilité que nous allons nous occuper. Si même les phénomènes observés ont été correctement interprétés, ce qui n'est pas hors de doute, il est certain que, de ces atomes brisés, on n'a pas réussi jusqu'ici à reconstituer des quantités appréciables de matières différentes de celle d'où on était parti. Insister serait encore faire œuvre de pure imagination. Mon intention est moins élevée sans

[1] Ce sont notamment des expériences de M. J.-J. Thomson qui ont paru autoriser cette conclusion; mais elle a perdu un peu de sa probabilité à la suite des recherches de M. Villard.

doute ; mais on peut entendre, dans un autre sens, la vie de la matière, sans quitter le terrain solide de l'expérience et du résultat acquis.

Intéressante, captivante même, l'étude des formes de la vie dans la matière n'est pas un but ; elle est surtout un moyen. Est-il un mystère plus caché que celui de la vie chez l'être organisé? Mystère si profond que de grands savants ont défié l'humanité de jamais le percer à jour. Mais les merveilleuses découvertes qui se succèdent sans interruption ont donné une plus grande confiance dans de lointains avenirs de la science. Il ne semble plus aujourd'hui qu'il y ait de problèmes absolument insolubles. S'il en est vraiment ainsi et si tout problème de science qui se pose à notre esprit doive tôt ou tard trouver sa solution, en est-il de plus grand, de plus élevé que celui de la vie?

L'attaquer de front, avec son immense complexité serait téméraire. Il est moins impossible peut-être de le contourner ; et s'il est une étape qui doive nous préparer à en comprendre les éléments, c'est bien assurément l'étude des formes de la vie dans la matière inanimée.

Avant que les puissants microscopes modernes eussent permis de se rendre compte des changements de la matière organisée sous l'action des micro-organismes, on n'en constatait qu'une modification d'ensemble, qui était toujours restée très mystérieuse. On connaissait les fermentations, les putréfactions, la nitrification, on en constatait les progrès, mais on en était réduit à des conjectures sur la manière dont se produisent ces transformations.

Limité au témoignage de ses sens l'homme était aussi mal renseigné que le serait un géant de plusieurs milliers

de kilomètres de hauteur, constatant qu'à certaines époques de l'année, une région de notre globe verdit, puis jaunit et blanchit ensuite, mais qui, par sa grandeur même, serait éternellement ignorant de l'existence des arbres, des herbes et de la neige. Une petite rugosité qu'il n'avait pas observée mille ans auparavant devient évidente, et il se demande comment elle a pu être engendrée, toute seule, et sans cause apparente ; c'est que, pendant ces mille ans, les hommes ont travaillé, et ont bâti une ville.

Muni d'un microscope adapté à sa grandeur, notre géant arrivera peut-être à voir des arbres, des maisons, enfin des hommes ; alors, pour lui, tout deviendra compréhensible ; il saura comment, par un travail incessant de microbes, la ville a grandi et a modifié peu à peu la surface de la terre.

Ainsi ont pu s'expliquer pour nous les fermentations, grand œuvre des micro-organismes, pour lesquels une molécule est comme pour nous un grain de sable, une cellule, une maison, et qui peuvent dès lors agir individuellement, comme d'égal à égal, sur les derniers éléments de la matière vivante.

Les mêmes mystères ont été éclaircis lorsque le microscope put être appliqué à l'étude de la matière inerte. Les changements lents, que l'on se bornait à constater, ont été disséqués, connus dans leurs éléments ultimes, sinon dans la molécule, qui restera éternellement invisible, au moins dans le cristal, qui est l'élément constitutif de la matière.

Il me serait difficile de dire à qui revient l'honneur de la première expérience de cette nature, mais je puis rappeler au moins que ceux qui ont remporté, dans ces

études, les plus grands succès sont Sir W. Roberts-Austen, M. Osmond, M. Stead, M. Guillemin, M. Charpy.

Comment la chaleur agit-elle sur un laiton écroui, pour l'amener à l'état de recuit ? Mystère, nous dit l'ancienne physique : la physique moderne nous indique que le laiton écroui est composé de petits cristaux brisés, mélangés intimément à une masse qu'ils pénètrent complètement. Dans le laiton recuit, au contraire, les cristaux sont reconstitués, séparés de la masse; ils sont relativement durs : la matière qui les emprisonne, au contraire, est plastique. Or ces cristaux n'ont pu se former que par un mouvement des molécules à l'intérieur du métal, mouvement qui n'est plus de grandeur moléculaire comme le mouvement calorifique, mais d'une amplitude beaucoup plus grande, atteignant des centièmes et même des dixièmes de millimètre.

Lorsque les cristaux sont entièrement formés aux dépens de la matière ambiante, le recuit est complet, le métal est arrivé à la forme immuable, il a cessé de vivre.

On peut isoler ces cristaux, et les analyser, on trouve alors qu'ils ont une composition chimique simple ; ce sont des composés définis de cuivre et de zinc ou de cuivre et d'étain. Ces composés, dont la formation correspondait le mieux possible aux affinités en présence se sont formés en profitant de la plus grande mobilité que la chaleur donnait aux molécules.

Où s'arrête la mobilité des molécules dans un corps solide ? Elle est beaucoup plus grande qu'on ne le suppose, et voici, à ce propos, une expérience bien remarquable de Sir W. Roberts-Austen :

Ayant placé un disque d'or au fond d'un bain de plomb fondu, il trouva, après solidification, de l'or près

de la surface du bain. Ce fait n'a rien encore qui doive nous surprendre, nous avons ici une simple solutione réciproque de deux métaux. Mais l'expérience fut répétée à 250°, dans le plomb déjà solide, puis à 200°, enfin à 100°; dans ce dernier cas, un petit cylindre de plomb demeura, pendant 41 jours en contact avec un disque d'or pur. Au bout de ce temps, on retrouva de l'or jusqu'au haut du cylindre.

Pour qui n'y est pas préparé, cette expérience semble presque incroyable; et cependant, nous savons qu'on durcit l'acier en le mettant au contact du charbon tandis qu'il est chauffé au rouge. L'analyse chimique et microscopique a prouvé que le charbon a pénétré dans l'acier, parfois jusqu'à une grande profondeur. Ici, les forces moléculaires seules étaient en jeu; mais si on leur substitue des forces extérieures, on peut obtenir des effets plus intenses. Ainsi nous savions déjà, par les belles expériences de M. W. Spring, qu'en pressant très fortement du cuivre et de l'étain l'un contre l'autre, on les soude, et que, de part et d'autre de la surface de contact, le métal n'est autre que du bronze.

D'autres forces que des pressions peuvent favoriser des mouvements moléculaires. Plaçons, par exemple, à l'intérieur d'un ballon de verre, du mercure ou de l'acide sulfurique. Plongeons le ballon dans de l'amalgame de sodium, et faisons passer le courant électrique de l'extérieur à l'intérieur. L'expérience est beaucoup favorisée par une élévation de la température, mais elle réussit encore à froid. Au bout de peu de temps, on peut constater que le sodium a traversé le verre par électrolyse, et qu'il est venu se dissoudre dans le liquide remplissant le ballon. Si le verre est à base de soude, on pourra la

faire traverser par toute molécule plus petite, du lithium par exemple. La soude du verre s'en va la première, remplacée par le lithium ; puis l'électrolyse continue, le lithium apparaît à la deuxième surface, et celui à l'extérieur le remplace constamment ; mais alors le verre a pris un aspect laiteux, et sa consistance a diminué, comme aussi sa densité.

Je pourrais multiplier les exemples ; ceux que je viens de signaler nous prouvent surabondamment que, dans la matière solide, les déplacements moléculaires peuvent être considérables, se chiffrer non plus par centièmes de millimètre comme dans notre premier exemple, mais par millimètres ou par centimètres.

Ce fait bien établi, dans des phénomènes élémentaires, nous pouvons aborder l'étude de phénomènes plus complexes.

Soumettons un barreau d'acier à une traction suffisante pour amener sa rupture. Il se formera d'abord un étranglement, et c'est là que la brisure se produira. Mais cessons de tirer aussitôt que l'étranglement est devenu visible, et ramenons, par tournage, le cylindre à un diamètre constant. Recommençons maintenant à tirer. Nous verrons encore la striction se former, mais à un endroit différent du premier.

Nous pourrons répéter l'opération un certain nombre de fois; toujours, comme l'a montré le commandant Hartmann, la striction se produira à un endroit nouveau [1]. Qu'en faut-il conclure sinon que là où la section

[1] M. Faurie nous a fait observer que, suivant ses expériences, les étranglements successifs sont éloignés du double de leur longueur ; la matière est donc modifiée jusqu'à une petite distance de la striction visible.

est devenue trop faible, le métal durcit et se modifie pour résister à la destruction ?

Il est des alliages qui présentent ce phénomène à un degré exagéré. Certains aciers au nickel, par exemple, peuvent exister sous deux états absolument différents : dans l'un ils sont non magnétiques et d'une médiocre dureté; surtout, ils sont extrêmement malléables. Dans l'autre, ils sont durs et cassants et possèdent l'état magnétique. La limite élastique et la charge de rupture sans choc sont beaucoup plus élevées au deuxième état qu'au premier. Or, si l'on soumet un barreau de l'alliage au premier état à une traction énergique, il s'allonge considérablement, parfois de sa propre longueur, puis casse net sans striction. Ce métal, qui était mou au début de l'opération, a pris l'aspect d'un métal trempé.

L'explication de cette transformation en totalité est simple. Au moment où une première striction allait se produire, l'alliage a durci à cet endroit, est devenu moins malléable, et a cessé de se contracter. La striction a eu alors une tendance à se produire à un autre endroit faible, puis à un troisième, et ainsi la section de rupture probable s'est promenée d'un bout à l'autre du barreau jusqu'à ce que la transformation fût complète en tous points. C'est alors seulement que la brisure a pu se produire. Le barreau a ainsi épuisé toutes ses ressources pour se conserver, et n'a cédé qu'après ce qu'on pourrait nommer une résistance héroïque.

D'ailleurs, ces aciers au nickel présentent les phénomènes les plus bizarres. Sous l'action d'un grand froid, on peut voir une barre d'un mètre s'allonger de plusieurs dixièmes de millimètre en quelques secondes, et, lorsqu'on assiste pour la première fois à ce phénomène,

on a comme une impression que la matière inerte a été subitement vivifiée.

Que l'on modifie les circonstances extérieures de température en particulier, et peut-être de pression, auxquelles certains de ces alliages sont soumis, on constate qu'ils ont modifié leur constitution chimique, pour une partie rapidement, et lentement pour un petit reste, de telle sorte qu'on peut voir une barre de certain acier au nickel changer de longueur graduellement pendant plus d'une année. A la température actuelle correspondent certaines conditions d'existence de l'alliage, vers lesquelles il tend lentement aussi longtemps qu'elles ne sont pas complètement atteintes.

Il en est de même d'un grand nombre de corps. Le verre, soumis à une force extérieure, fléchit lentement, et bientôt sa flexion s'arrête ; les combinaisons chimiques qui le constituent se sont modifiées de manière à s'adapter aux pressions actuelles, et, lorsque ces pressions disparaissent, le verre revient lentement aussi à sa première forme, par le rétablissement graduel des précédentes combinaisons. Le verre, tout comme un organisme vivant, s'est adapté aux conditions extérieures.

Les phénomènes de l'optique nous offrent de nombreux exemples d'adaptation. Prenons les corps phosphorescents. On sait, à n'en pas douter, que ces corps sont tous des solutions solides d'une petite proportion d'un corps étranger dans un autre corps généralement composé. Sous l'action de la lumière, les combinaisons se modifient ; mais, aussitôt que l'action extérieure cesse de s'imposer, l'association légitime reprend ses droits, parfois rapidement, plus souvent avec une extrême lenteur, en donnant de la lumière.

Cependant, une petite proportion de la combinaison formée sous l'action de la lumière, est généralement compatible avec les conditions nouvelles, et la recomposition s'arrête alors un peu avant que l'équilibre définitif soit rétabli. Quelques liaisons irrégulières sont pour ainsi dire tolérées dans cet ensemble social, et peuvent se maintenir indéfiniment. Mais que l'on fasse tomber sur le corps certaines radiations rouges ou infra-rouges, aussitôt on verra apparaître une faible lumière due à l'expulsion violente des atomes usurpateurs, et leur remplacement définitif par les atomes légitimes, et l'équilibre sera définitivement rétabli.

Pour employer le langage des physiciens, nous dirons que l'équilibre physico-chimique des corps phosphorescents est fonction de la lumière qu'ils reçoivent, mais que cette fonction contient l'expression d'un frottement. La lumière excitatrice agit comme des secousses agiraient sur un tas de sable en annulant l'action des frottements.

Considérés à un point de vue particulier, les corps phosphorescents nous donnent presque une image d'un organisme social. Mais le plus bel exemple, peut-être, que nous en offre la matière inanimée, est celui de la photographie des couleurs par le procédé Becquerel.

Du chlorure ou de l'iodure d'argent grisâtre est frappé par une lumière d'une coloration déterminée, du rouge, par exemple. Au bout de peu de temps, il est devenu rouge. Qu'on fasse maintenant tomber sur lui de la lumière verte, il change de teinte, passe par des couleurs ternes et sales, et finit par être uniformément vert.

Que s'est-il passé dans ce corps ? On sait que la couleur d'un pigment nous indique simplement la nature de la lumière qu'il réfléchit, et qui, par conséquent, ne le pénètre pas. Lorsque le rouge atteint le chlorure d'argent

celui-ci l'absorbe, et, sous l'action de cette source extérieure d'énergie, se transforme en passant au hasard par tous les états qu'il peut prendre. Mais si, dans l'un de ces états il est rouge, alors il renvoie la lumière au dehors, et n'est désormais plus inquiété. Le même manège recommence aussitôt qu'une autre couleur l'atteint[1].

En somme, le chlorure d'argent se défend et se transforme pour se mieux protéger. La lumière, c'est pour lui l'ennemi, et il modifie sans cesse son système de défense pour n'être pas sans cesse dérangé. Il établit, à sa frontière, un système de fortification adapté aux forces de l'ennemi, et toujours prêt à le repousser. N'est-ce point l'image la plus curieuse d'un organisme ou d'un état social bien ordonné ?

Nous voici déjà très près des problèmes physiologiques; non seulement le chlorure d'argent nous donne une image lointaine de la vie instinctive; mais encore les transformations, les changements de couleur qu'il éprouve sous l'action de la lumière ont une analogie frappante avec des changements de même nature qu'éprouvent des substances jouant dans l'organisme vivant un rôle de premier ordre. Il suffit de mentionner la chlorophylle le pigment cutané particulièrement développé chez les nègres, et le pourpre rétinien. Il est impossible, cependant, de ne pas reconnaître, au moins pour les deux derniers, une adaptation complète aux circonstances de la vie sur la terre, pour leur propriété même et la nature de leur sensibilité, qui leur est imposée par la nature de la lumière du soleil.

Une courte digression rendra l'analogie plus claire.

[1] Voir, à ce sujet, le beau mémoire de M. Otto Wiener. *Farbenphotographie durch Kœrperfarben, und mechanische Farbenanpassung in der Natur*. (Wied. Ann. t. 55, p. 225; 1895).

On peut s'étonner, à première vue, de constater que les nègres, sans cesse exposés aux rayons d'un soleil brûlant, possèdent précisément la couleur la plus absorbante, celle qui doit nécessairement leur rendre ces rayons insupportables. Mais, en y regardant de près, on arrive à se convaincre qu'ici encore cette particularité n'est pas une erreur de la nature. Une expérience, familière à tous ceux qui ont vécu par intermittences au grand soleil, nous enseigne que nous commençons à supporter sans gêne son rayonnement seulement lorsque notre peau a pris la belle teinte cuivrée que les alpinistes rapportent de leurs excursions. Généralisant cette observation, M. Mosso a constaté qu'on supporte mieux encore le rayonnement solaire dans la haute montagne en se barbouillant de noir de fumée, c'est-à-dire en se faisant nègre pour l'occasion. La raison en est simple; c'est le derme qui souffre du rayonnement, surtout des faibles longueurs d'onde lorsqu'il en est atteint, ce qui explique la sensibilité particulière des albinos à ces rayons. Ce qu'il faut surtout, c'est empêcher les rayons violets et ultra-violets d'atteindre le derme.

Quant au pourpre rétinien, qui nous fait reconnaître les formes mais non les couleurs, et sert, par sa prodigieuse sensibilité, à la vision dans la demi-obscurité, il semble, dans toutes les espèces animales qui en sont douées, posséder un maximum de pouvoir absorbant, et, par conséquent, de sensibilité dans la région du spectre solaire où l'énergie est maxima. En d'autres termes, il utilise le mieux possible la lumière blanche, il est adapté à cette lumière.

Nous voilà déjà bien loin de la vie de la matière telle que nous l'avions envisagée en débutant. Cependant, le

fait que nous avons pu passer, par une pente insensible et sans rencontrer une discontinuité, des propriétés de la matière inorganique isolée, au rôle qu'elle joue dans l'être vivant, nous montre qu'il n'était pas téméraire de nous appuyer sur les phénomènes relativement simples étudiés dans la matière inerte pour mieux comprendre ceux que présente la matière vivante.

Mais il est temps de conclure.

Peut-être quelques esprits hardis, aimant à se représenter par avance de lointaines possibilités, et négligeant les intermédiaires et les difficultés, seraient-ils tentés de jeter le pont et de voir la continuité véritable entre les phénomènes de la matière inorganique et ceux de la cellule vivante. Il est possible que ce pont soit jeté un jour. L'affirmer ou l'essayer dès maintenant serait aller bien vite en besogne et s'exposer à de nombreux mécomptes.

Ne dépassons pas trop ce que l'expérience nous enseigne, ayons le courage d'attendre, et laissons l'idée poursuivre son développement lent mais sûr vers la perfection. Peut-être, dans un avenir éloigné, trouvera-t-on des liens très étroits, légitimant des conclusions plus hardies. Mais ne perdons pas de vue le point de départ, et bornons-nous encore à considérer les transformations de la matière comme une vie interne, pour chercher à les mieux comprendre et pour aider notre intelligence dans l'étude de la vie véritable.

La science vit d'espérance et de labeur sincère. Affirmer plus qu'on ne peut prouver n'est pas faire œuvre d'hommes de science, c'est agir en mauvais bergers ; c'est donner raison à ceux qui, ne connaissant de la science que ses œuvres parasites, ont pu dire qu'elle avait manqué à sa mission.

LES PROJECTIONS DE L'ETHER

PAR

P. De HEEN

Les physiciens se sont beaucoup préoccupés de l'étude des mouvements de l'éther, cependant dans cet ordre d'investigation une seule espèce de mouvement paraît avoir été mise définitivement en lumière, *le mouvement vibratoire normal au sens de la propagation* avec les modifications qu'il comporte. Or il importe de remarquer que si l'éther doit être considéré, non comme une fiction inventée pour les besoins d'une théorie, mais comme une *substance* existant réellement dans la nature et jouissant de certaines propriétés de la *matière*, il est naturel d'admettre que cette substance est également le siège de tous les mouvements que nous rencontrons dans les fluides, par exemple dans les fluides aériformes. En effet, dans l'air, à côté du phénomène vibratoire de la propagation du son, nous remarquons l'existence de courants et de mouvements giratoires. Mais s'il est aisé de percevoir le souffle du vent et le tourbillon qui enlève la poussière, le souffle de l'éther ne peut se montrer qu'à l'aide de certains artifices.

Le souffle éthéré peut se manifester à nous de plusieurs manières : 1° Par des impressions photographiques, bien que les expériences de cette nature soient souvent fort capricieuses. 2° Par l'entraînement que ce souffle exerce sur la matière radiante. 3° Par l'entraînement qu'il exerce sur l'énergie électrique lorsque celle-ci est répandue sur un diélectrique. Si nous n'avions à notre disposition que les deux premiers réactifs, l'existence de ce mouvement éthéré serait encore bien contestable. Le dernier nous a permis heureusement de reproduire à l'aide des courants ou des jets d'éther, les phénomènes qu'on réalise à l'aide de projections matérielles, par exemple à l'aide de jets d'eau.

Reproduction des figures de Savart

Tous les foyers d'ébranlement de l'éther sont également des foyers de projection, les flammes et les corps chauds en général, l'étincelle et l'aigrette électrique. Les rayons X et les rayons cathodiques sont également des projections de cette nature.

Afin de nous rendre compte du mécanisme du réactif que nous avons adopté, imaginons à titre d'hypothèse provisoire que l'électricité répandue à la surface du diélectrique se compose d'une infinité de petits tourbillons d'éther doués de stabilité mais susceptibles de se mouvoir comme le feraient des trombes marines à la surface de l'océan.

Lorsqu'un jet d'éther vient à rencontrer une pareille surface, il s'étend en lame comme le ferait un liquide en refoulant devant lui les petits tourbillons, tandis qu'en même temps une partie de l'énergie de ceux-ci se trans-

met par l'éther condensé avec lequel ils sont en contact. Cet éther condensé du jet se comportant comme un conducteur.

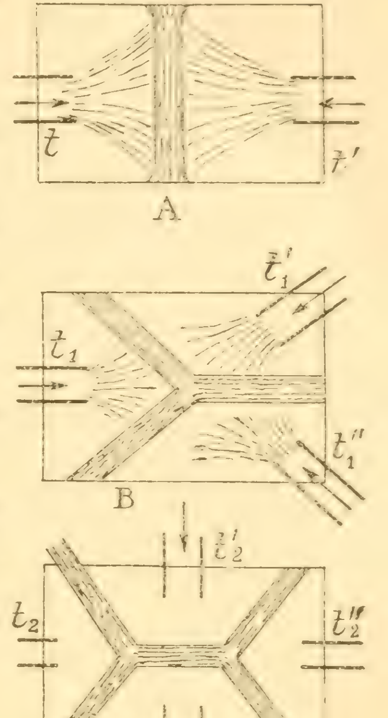


Fig. 1.

Ceux dont l'énergie n'aura pas été transmise par ce véhicule se comporteront comme des particules susceptibles d'être chassées par le courant d'un fluide.

Afin de réaliser l'expérience avec les lames liquides, il suffit de diriger des jets d'eau sur les lames de verre A,B,C (fig. 1), les tubes adducteurs étant disposés en tt' ; $t_1t'_1t''_1$; $t_2t'_2t''_2t'''_3$.

On obtiendra alors respectivement les figures indiquées. Afin de réaliser l'expérience avec les jets d'éther, il suffit de placer autour d'un plateau de résine P (fig. 2) électrisé, des foyers d'émission

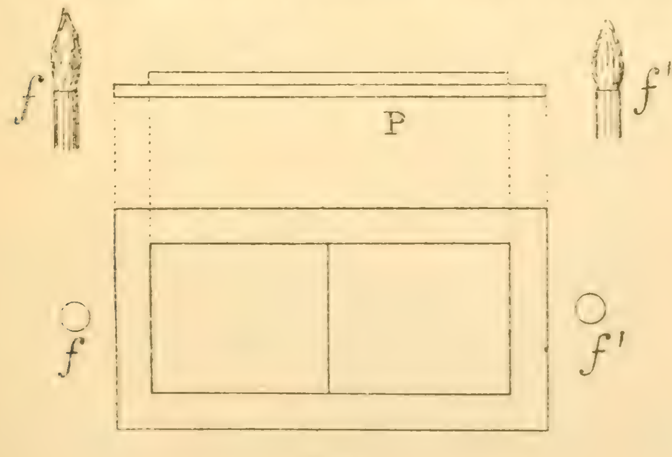


Fig. 2.

d'éther, par exemple des becs de Bunsen, ainsi que l'indique la figure, ou des pointes métalliques disposées verticalement, mises en communication avec l'un des pôles d'une bobine, de préférence avec le pôle négatif.

Après quelques instants de pose, on saupoudre à l'aide de poudre de soufre et l'on obtient les figures A, B ou C suivant le nombre des foyers dont on a fait usage.

Si l'on fait usage de rayons Rœntgen, ces projections, au lieu de s'étendre sur le plateau de résine, le traversent en majeure partie, il en résulte que la lame éthérée se forme d'une manière insuffisante. Mais l'on obtient des résultats satisfaisants si l'on fait usage de rayons secondaires émanant d'un gaz traversé par les rayons Rœntgen. Ces projections, qui sont le résultat d'une sorte de ricochet sur les molécules du gaz, possèdent une vitesse moindre.

Afin de faire l'expérience, on réalise deux faisceaux de rayons Rœntgen *a* et *b* (fig. 3), à l'aide d'un tube à

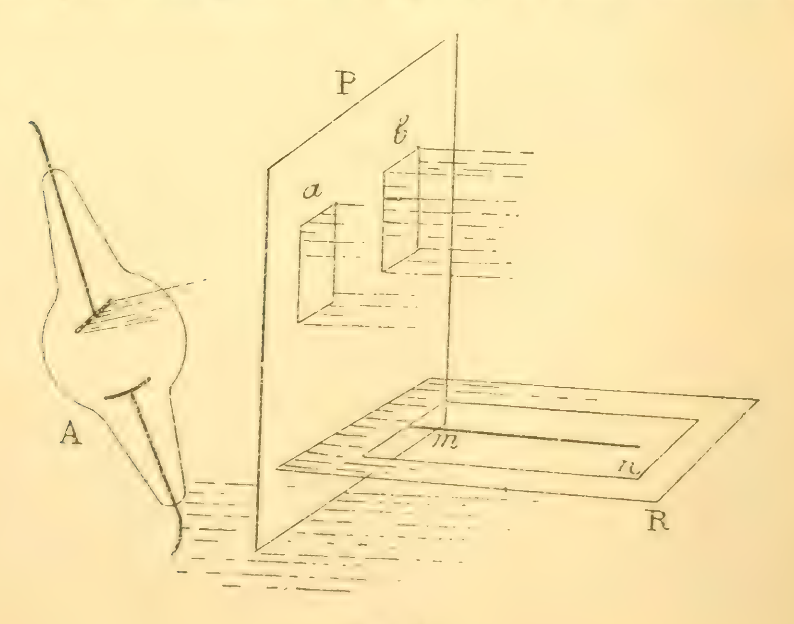


Fig. 3.

rayons, A, placé derrière un écran en plomb P, percé de deux ouvertures. Le plateau de résine électrisé est disposé en R, notablement en dessous des ouvertures *a* et *b*, afin d'éviter l'action des rayons directs.

Ces faisceaux lancent normalement à leur axe des projections moins rapides, lesquelles s'étendant sur le plateau en lames qui viennent se rencontrer déterminent une droite parfaitement déliée en *m n*.

On peut encore réaliser une autre expérience bien frappante, laquelle imite ce qui se produit lorsqu'un cours d'eau rapide vient à rencontrer une pile de pont. On remarque dans ces conditions que le liquide contourne la pile pour former une traînée de remous en *a b* (fig. 4). Le même phénomène se produit si l'on vient

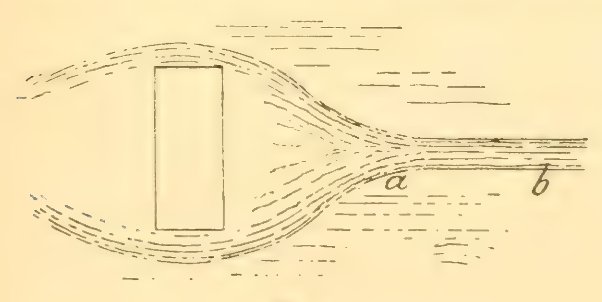


Fig. 4.

à placer verticalement un écran quelconque en *l* (fig. 5)

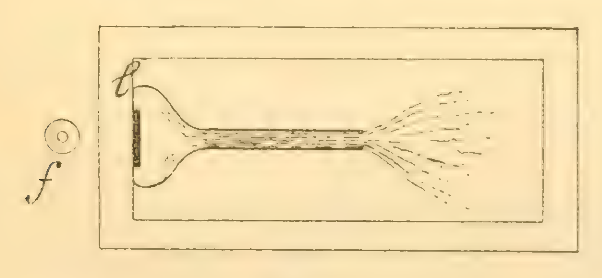


Fig. 5.

sur la plaque de résine électrisée : un bec de Bunsen

étant en *f*. Cette expérience peut se réaliser à l'aide des rayons Rœntgen. Si maintenant on dirige perpendiculairement à un plan une série de jets d'eau, la figure réalisée par la rencontre des lames liquides dépendra de la disposition géométrique de ceux-ci. S'ils sont disposés en carrés, on obtient des carrés ; s'ils le sont en triangles ou en quinconce, des hexagones, s'ils le sont en hexagones, des triangles.

Ces figures s'obtiennent avec la plus grande facilité à l'aide des projections d'éther. Il suffit de disposer pendant quelques instants au dessus du plateau électrisé un plateau à double paroi dans lequel on introduit du gaz d'éclairage, et de pratiquer dans celui-ci des ouvertures qui correspondent aux sommets des figures géométriques dont nous avons parlé et qui représentent autant de flammes projetantes.

Les carrés avaient dix centimètres de côté.

On remarque que la figure géométrique est d'autant plus parfaitement réalisée que le nombre de droites qui concourent en un même point est plus petit. La perfection peut être considérée comme absolue pour l'hexagone.

Remarquons ici l'analogie qui existe entre l'effet produit sur le tourbillon électrique et sur la molécule dans l'état radiant. Tous deux sont emportés par le souffle éthéré, au même titre que le vent de l'atmosphère entraîne à la fois la trombe marine et un objet quelconque.

On peut dire d'une manière tout à fait générale que la figure obtenue peut se définir comme suit : le lieu géométrique est formé des points à égale distance de deux foyers, tels que A. B., la distance commune étant infé-

rieure à la distance à tout autre foyer. Par exemple les foyers ABCD fourniront la figure *a, b, c, d, e, f.* (fig. 6).

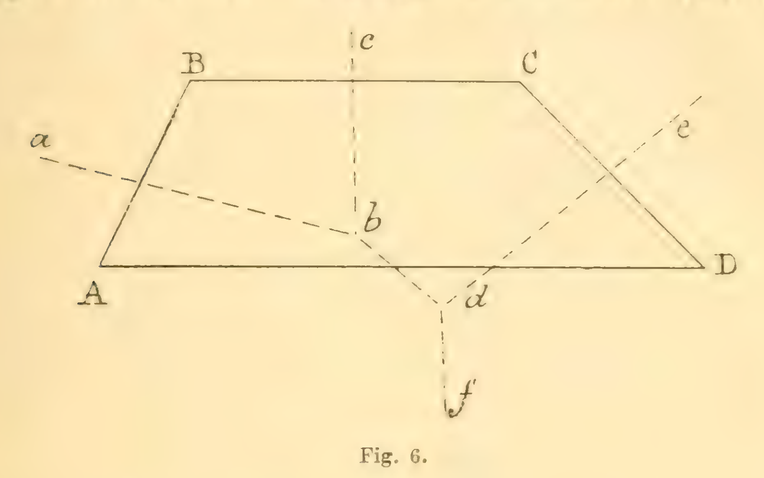


Fig. 6.

Points d'émission des projections éthérées.

Afin de nous rendre compte de la position des points d'émission de la flamme, nous nous sommes servi d'un dard de chalumeau (fig. 7) disposé à côté du plateau

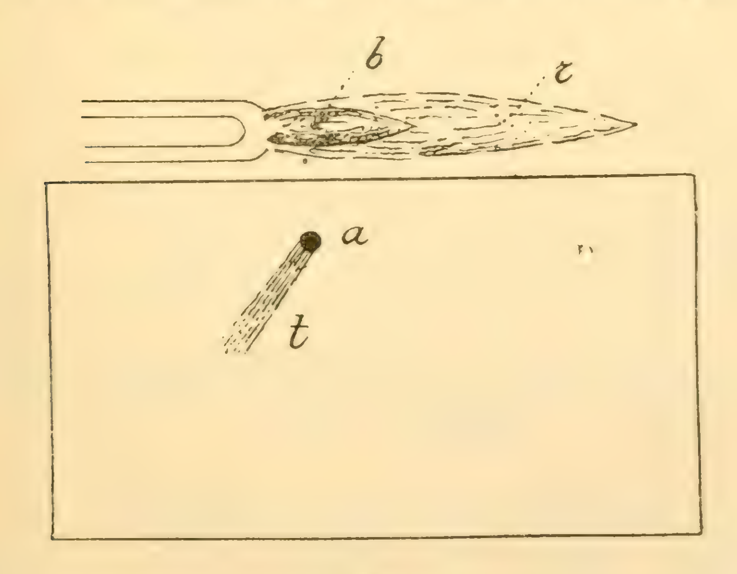


Fig. 7.

électrisé P. Perpendiculairement à ce plateau est placé

un gros fil métallique *a*. La direction de l'ombre *t* que l'on obtient dans ces conditions indique la direction de la résultante des actions de projections éthérées qui émanent de la flamme. Ces expériences indiquent que le cône bleu *b* est peu efficace. Les projections émanent surtout de la partie rosée *r*.

Points d'émission de l'étincelle électrique.

Nous nous sommes servi du même procédé (voir fig. 8). Les deux pôles d'un excitateur réunis à une

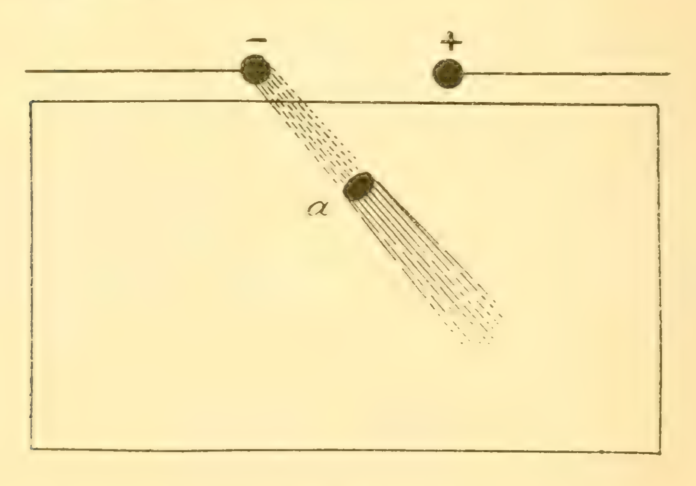


Fig. 8.

machine de Holtz et l'aiguille *a* formaient un triangle équilatéral de sept à huit centimètres de côté. L'expérience montre que les projections émanent de la cathode. Si l'on fait usage d'aigrettes, on remarque que l'aigrette négative est plus active.

Les rayons cathodiques et les rayons X.

Il est maintenant aisé de voir ce qui va se passer si l'on raréfie l'air entre les deux pôles en enfermant ceux-

ci dans une ampoule. Les projections d'éther continueront à être prédominantes au pôle négatif, mais il arrivera un moment où l'état de raréfaction sera tel que les molécules matérielles isolées seront entraînées par le courant d'éther. Ces projections, par suite du charriage de molécules matérielles seront en état de produire des actions mécaniques ; ce sont les rayons cathodiques. Cependant comme toute enveloppe matérielle peut être considérée comme susceptible de permettre le passage de l'éther, une partie de ces projections éthérées traversent le verre de l'ampoule, lequel, comme un tamis, arrêtera les molécules. Ces projections sont celles qui correspondent aux rayons X.

Il est assez curieux de remarquer que cette manière de voir donne à la fois raison à l'école allemande qui voit dans les rayons cathodiques un phénomène éthéré, et à l'école anglaise qui voit dans cette manifestation un phénomène moléculaire. Les deux phénomènes s'y rencontrent simultanément. Mais il ne nous paraît pas qu'il soit utile de recourir à un mouvement vibratoire, bien qu'il ne soit pas indispensable de nier l'existence de ce genre de mouvement dans les rayons que nous considérons, pas plus qu'il n'est nécessaire de nier l'existence de vagues à la surface d'un fleuve rapide.

Retransformation de la projection Rœntgen en projection à action mécanique.

Ainsi que nous venons de le dire, les actions mécaniques (rotation de moulinets, etc.) dues aux projections cathodiques sont la conséquence de ce fait que ces projections renferment des molécules matérielles en suspen-

sion. C'est là ce qui distingue les projections de Rœntgen des rayons cathodiques. Mais il est facile de communiquer à ces dernières projections les propriétés des premières.

Rappelons que la matière radiante n'est autre chose qu'un gaz suffisamment raréfié pour que ses molécules puissent être entraînées par un jet d'éther condensé. Si dès lors un faisceau de rayons Rœntgen vient à traverser un gaz dans cet état de raréfaction, les molécules du gaz placées sur le trajet du jet d'éther seront entraînées dans le sens de la projection et produiront des actions mécaniques.

Afin de le montrer, considérons un radiomètre R (fig. 9) soumis à l'action d'un faisceau de projections Rœntgen *r*.

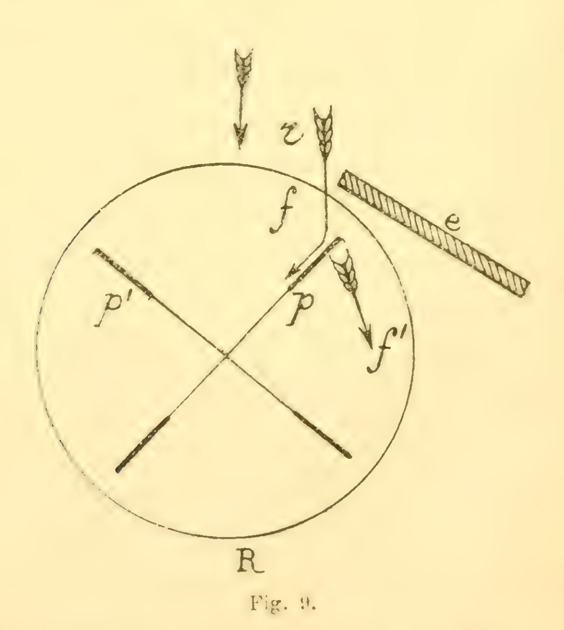


Fig. 9.

Lorsque celles-ci pénètrent dans la matière radiante, elles acquièrent des propriétés mécaniques, et les choses se passent absolument comme si tout le moulinet était

aspergé par un jet d'eau, ce qui revient à dire que l'on observe de temps à autre des mouvements incertains.

Pour obtenir une rotation il suffit d'exécuter ce que l'on ferait s'il s'agit d'un moulinet soumis au jet d'eau. Considérons la palette *p* et plaçons un écran formé d'une lame de plomb en *e*; le jet d'éther tombera alors sur la palette en suivant la direction *f* et l'on évitera les remous sur la face opposée. Cette palette se mettra alors en mouvement suivant la direction *f'* et on pourra la suivre en tenant l'écran à la main. Lorsque la palette *p'* sera venue occuper une position analogue, on pourra la reprendre à l'aide de l'écran et réaliser ainsi un mouvement de rotation continu.

Les projections matérielles ainsi réalisées à l'intérieur du radiomètre ne sont cependant pas identiques aux projections cathodiques. Afin de rendre la chose tangible à l'aide d'une image, on peut dire que les molécules cathodiques sont comparables aux projectiles d'une arme rayée, elles possèdent le mouvement hélicoïdal, c'est-à-dire le mouvement électrique. Les molécules que nous venons de considérer à l'intérieur du radiomètre, sont comparables aux projectiles qui sortent d'une arme lisse.

Force de pénétration des projections éthérées.

Il est inutile de rappeler ici la prodigieuse force de pénétration des projections de Rœntgen, mais il est évident que si de pareilles projections viennent à traverser un milieu quelconque, leur vitesse en sera modifiée et par conséquent les propriétés de celles-ci seront altérées.

C'est à mon assistant, M. Dwelshauvers-Dery, que revient l'honneur d'avoir le premier constaté ce phénomène[1].

Mais si la force de pénétration est si considérable pour les projections dont nous venons de parler, il en est tout autrement des projections qui émanent des autres foyers d'ébranlement de l'éther. Celles-ci sont arrêtées dans leur mouvement par les substances solides ou liquides. Nous avons fait usage pour ces expériences de la flamme d'un bec de Bunsen, du manchon d'Auer et de la combustion du magnésium et de l'acétylène ; aucune trace de ces projections ne traversaient une lame de quartz ou de sel gemme, ni même une pellicule de collodion d'une extrême finesse. L'arc électrique nous a montré seul dans certains cas, le phénomène de la décharge au travers d'une fine lame de quartz, mais le phénomène est irrégulier.

Les gaz mêmes exercent une puissante action absorbante. Voici une expérience que nous avons réalisée. On coule au fond d'une petite boîte en carton un plateau de résine (fig. 10), en *e* se trouve l'écran formé d'un fil

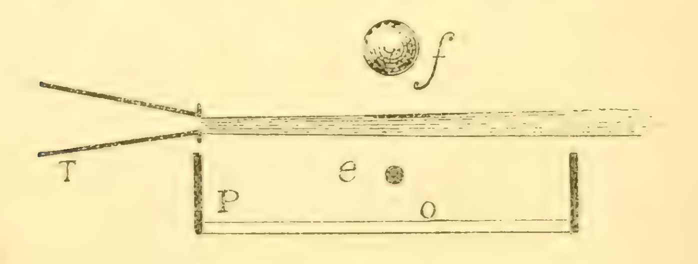


Fig. 10.

métallique traversant la boîte. En T, une tuyère plate lançant un jet d'anhydride carbonique sous haute pres-

[1] *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. XXXI, p. 482 et p. 688. 1896.

sion. On obtient ainsi une lame gazeuze fermant la boîte.

En *f*, se trouve le dard du chalumeau.

On remarque dans ces conditions que l'ombre de l'écran *e* ne cesse pas de se produire en *o*. Ces projections traversent donc sans altération la lame gazeuze en mouvement.

Phénomènes astronomiques

Couronnes et aigrettes solaires. Comètes, Aurores polaires.

Si les corps chauds émettent des projections d'éther et si, de plus, comme nous l'avons vu, ces projections sont de nature à entraîner les gaz lorsqu'ils sont dans un état de raréfaction suffisant ; il est facile de prévoir ce qui doit se produire à la surface du globe solaire, corps chaud entouré d'une atmosphère très raréfiée. Celle-ci sera entraînée par ces projections, qui se comportent comme de véritables rayons, et il se produira le phénomène bien connu de la couronne et des aigrettes solaires.

Si ces projections, ou ce vent éthéré, rencontrent en dehors de l'astre central un gaz à l'état radiant, cela a lieu pour les comètes, ces corps ne tarderont pas à prendre la forme allongée.

Il importe de remarquer que les molécules matérielles ainsi entraînées, acquièrent une vitesse prodigieuse, relativement aux vitesses normales des molécules dans les gaz. En d'autres termes la température telle qu'elle est définie par les vitesses moléculaires devient considérable, bien que d'autre part la rareté du gaz ne la rende pas sensible au thermomètre formé d'une masse relativement grande. Nous trouvons ainsi l'explication de la

luminescence d'objets célestes, lesquels accuseraient vraisemblablement au thermomètre une température voisine du zéro absolu.

Afin de nous faire une idée de ces températures, rappelons qu'en nous basant sur la vitesse des rayons cathodiques, nous avons estimé la température moléculaire d'un tube de Crookes à 46.000.000 de degrés ! Et la température moléculaire du radiomètre à 273.000 degrés [1].

Nous pouvons nous demander encore si les projections éthérées solaires atteignent la surface de l'écorce terrestre. L'expérience montre qu'un électroscope ne se décharge pas sensiblement au soleil. Cependant l'expérience du Dr Le Bon permet de reconnaître qu'elles existent en certaine proportion ; en effet, la décharge se produit encore sous l'action de la radiation solaire si le conducteur en aluminium de l'électroscope est parfaitement décapé.

S'il en est ainsi la coïncidence du maximum ou fréquence des aurores polaires avec la période du maximum des taches solaires, paraît trouver son explication. C'est en effet pendant cette dernière phase de l'activité solaire que se produit le maximum de projections éthérées et de protubérances, lesquelles projections en atteignant le globe terrestre y favorisent la reconstitution des deux électricités ainsi que nous l'avons vu, c'est-à-dire la production des aurores polaires.

Phénomènes atmosphériques.

Il paraît naturel d'admettre, d'après ce qui précède, que le milieu dans lequel nous vivons est non seulement

[1] *Bulletin de l'Académie royale de Belgique*, 3e série, tome XXXI et page 458 et tome XXXII, page 75. 1896.

le siège de déplacements et de variations de pression du gaz qui nous environne, mais que l'éther joue un rôle analogue. Les manifestations électriques constituent probablement l'élément perturbateur, en déterminant des phénomènes physiologiques peu définis mais que ressentent incontestablement les êtres sensibles.

Nous nous bornerons à citer un fait d'ordre physique. Le 15 août, une machine de Ramsden placée dans notre laboratoire, fournissait des étincelles d'environ trois centimètres de longueur. La nuit du 15 au 16 fut fréquemment illuminée par des éclairs lointains. Or, le 16, par un état hygrométrique sensiblement identique à celui de la veille la machine fournissait dans les mêmes conditions des étincelles ayant à peine un millimètre ; le 17 elles atteignaient environ cinq millimètres et le 18 elles avaient repris leur intensité primitive.

Dans tout ceci la vapeur d'eau n'avait joué aucun rôle, mais les décharges électriques de la nuit du 15 au 16 avait communiqué aux molécules d'air des propriétés spéciales.

A côté des mouvements de translation de l'air atmosphérique viennent se placer les mouvements de giration. Ce sont ces derniers mouvements que d'après M. Zenger, correspondent aux phénomènes électriques. Cette manière de voir s'adapte parfaitement aux phénomènes que nous avons observés. Dans cette hypothèse le plateau de résine électrisé est comparable à l'océan, à la surface duquel se seraient développées des trombes marines, lesquelles se déplacent sous l'action du vent. Plusieurs autres considérations permettent d'établir encore la légitimité de cette hypothèse.

Institut de Physique de l'Université de Liège.

LES
VARIATIONS DE LONGUEUR DES GLACIERS
DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET BORÉALES

PAR

Charles RABOT

(Suite [1].)

RÉSUMÉ DES VARIATIONS DES GLACIERS DANS LA SCANDINAVIE SEPTENTRIONALE

Pendant le XVIIIme siècle, une crue, dépassant l'amplitude d'une simple variation périodique, semble s'être produite. Toutefois ce phénomène n'est attesté avec certitude que pour un seul glacier (l'Engabræ); pour trois autres (Strupensbræ, glacier du Romsdal, glacier du Bjeldaadal), on a simplement des indications d'un état de maximum vers cette époque. Cette situation paraît avoir persisté jusque dans les premières années du XIXme siècle; en tous cas, à cette date, sur plusieurs courants de la Norvège septentrionale et de la Laponie suédoise, on relève un état de maximum. Ensuite s'est produit une

[1] Voir *Archives*, t. VII, avril 1899, p. 359; juin, p. 557; t. VIII, juillet, p. 62; août, p. 156; septembre, p. 271; octobre, p. 321; novembre, p. 453; décembre, p. 566.

très longue période de recul, embrassant peut-être la plus grande partie du siècle.

L'amplitude de cette régression est très variable, comme l'indique le tableau suivant.

Glaciers.	Perte estimée ou mesurée[1].	Date de l'observation.
de Bergsfjord	20 à 25m*	de 1890 à 1895
de Fonddal	1000m (?)	1883
d'Enga	400m	1883
»	60 à 80m	1889 à 1898
des Skavigtinder	400m	1884
nord du Blakadal	200m	1882
du Bjeldaadal	1000m	1890
de la Source du Beierenelv	90 à 100m	1881
du Leiraa	1000m	1890
de la Laponie suédoise	100m	1883
Salajekna	Recul très considérable	1807 à 1877

Le recul paraît donc avoir affecté principalement les glaciers de la Norvège, tandis qu'en Suède, en général, il a été moindre.

La régression n'a pas été continue et a été coupée par des phases stationnaires durant lesquelles se sont formées les moraines. Les émissaires des *inlandsis* ou *local ice caps* et ceux des glaciers composites ne charriant qu'une petite quantité de matériaux détritiques, la formation des dépôts morainiques est beaucoup plus lente dans le Nord que dans les Alpes, et, chaque ligne morainique correspond à un stage, non point d'une année, mais de plusieurs années.

[1] La perte estimée est la distance entre la moraine la plus éloignée et le front du glacier, au moment de l'observation. La perte est dite mesurée, lorsqu'elle est déduite de la position de repères. Elle est indiquée par une astérisque.

Il m'a été impossible de reconnaître avec certitude si cette phase de retrait a été interrompue par une variation secondaire positive. Des traces d'augmentation temporaire sont cependant signalées, mais les auteurs de ces renseignements ne méritent pas une très grande confiance. ou bien les observations ne sont pas très affirmatives. [Glaciers du Gyfjorddal; de Fonddal; du Jordbrodal; voir ci-dessus.]

Actuellement une crue semble sur le point de se produire, tout au moins sur les courants de la Laponie suédoise.

NORVÈGE MÉRIDIONALE

(au sud du 65° de Lat. N.)

Dans le sud comme dans le nord de la péninsule, les travaux de cartographie ne sont pas encore assez avancés pour permettre d'établir une nomenclature complète des glaciers et pour connaître les dimensions exactes de toutes les nappes glacées.

Sur les 225 feuilles que doit comprendre la carte de la Norvège méridionale au 100000e,[1] 90 seulement ont été publiées, la plupart relatives à la partie orientale du pays, la moins élevée. Pour les régions très étendues qui ne sont pas comprises dans les feuilles éditées jusqu'à ce jour, les cartes des départements au 200000e, dites *Amtskarte*, ne fournissent, en ce qui concerne les glaciers, que de rares indications, souvent inexactes.

Les sources imprimées, sans être nombreuses, don-

[1] *Topografisk kart over kongeriget Norge i 1: 100000. Sydlige del (rektangelkarte).*

nent cependant de très utiles renseignements. Les descriptions des départements publiés par les soins du gouvernement norvégien constituent des documents précieux pour l'étude des glaciers. D'autre part, quelques travaux généraux et quelques monographies ont été publiés. Parmi les premiers, nous citerons l'ouvrage classique de Forbes : *Norway and its glaciers visited in 1851*, et le mémoire du professeur Richter, *Die Gletscher Norwegens* (1895). Au nombre des seconds, signalons : Le *Nevé de Justedal et ses glaciers* par C.M. de Seue (Kristiania, 1870) ; les travaux de Sexe : *Om Sneebræen Folgefon* (Kristiania. 1864), et le *Glacier de Boium en juillet 1868* (Kristiania. 1869); enfin, plus récemment, les études de M. Öyen sur les glaciers du Jotunheim, sur le Hardangerjökull et le Folgefonn [1]. D'autre part, les annuaires de la Société des Touristes de Norvège, (*Den Norske Turist forenings Aarbog* Kristiania) renferment un grand nombre de notes éparses sur le sujet qui nous intéresse.

A l'aide de ces documents, j'ai dressé une liste des glaciers de la Norvège méridionale. Elle est très incomplète, et les chiffres des superficies sont, dans la plupart des cas, très approximatifs. Mais dans l'état de nos connaissances, je n'ai pu atteindre une plus grande exactitude.

Les départements nord et sud de Throndhjem (du 65° au 62°20 de Lat. N.) renferment quelques glaciers de deuxième ordre. Dans le département de Romsdal, leur

[1] *Isbræstudier i Jotunheim.* in *Nyt Magazin far Naturvidenskab.* Kristiania, 1893 XXIV, 1; *Dæmmevand. Et bidrag til Hardangerjökulens geologi.* in *Bergens Museums Aarbog.* 1894-1895, III ; *Pytbræen.* in *Archiv. for Mathematik og Naturvidenskab.* Kristiania, vol. XVII, 2.

étendue est de 255 kilomètres carrés répartie entre plus de 200 localités[1]. La nappe glacée, la plus étendue de cette circonscription, celle du Djupedalsfjeld (Sunnelv et Norddal) a une superficie de 8 kilomètres carrés 40[2] ; presque tous ces amas cristallins sont localisés dans des *botn*. Plus au sud, dans les départements septentrionaux et méridionaux de Bergen ainsi que dans celui de Kristiana, se rencontrent les grands massifs de l'Aalfotbræ (superficie : 125 kilomètres carrés, d'après Richter), du Jostedalsbræ (superficie : 1675 kilomètres carrés, d'après Richter), du Jotunheim (superficie approximative : 270 kilomètres carrés) et du Folgefonn (superficie : 288 kilomètres carrés). En dehors de ces régions glacées, on rencontre, plus à l'est, dans le département de Kristian, le Storbræ entre le Gudbrandsdal et la vallée de l'Otta, puis, près de la frontière orientale des *Amt*[3] nord et sud de Bergen, le Storskavl, le Hardangerjökul, le Dyrafond, le Tresfond, le Nupseg Storefond, le Bredfond, dont l'étendue et la forme nous sont complètement inconnues.

En chiffres ronds, les glaciers occupent dans la Norvège méridionale une superficie qui ne doit guère être inférieure à 3000 kilomètres carrés.

Dans cette région comme dans le nord de la péninsule, l'intensité de la glaciation est en raison directe de la proximité de l'Océan. Tous les grands glaciers sont situés dans la région fjordienne, tandis qu'au fur et à mesure que l'on pénètre dans l'intérieur des terres, bien que l'altitude du terrain augmente, les dimensions des surfaces

[1] A. Helland. *Jordbunden i Romsdals Amt*. Christiania 1895, p. LXXXVII.

[2] *Ibid*. p. LXXX.

[3] Département.

glacées diminuent singulièrement. Dans le sud de la péninsule, comme en Laponie, la glaciation n'est pas également répartie sur tout le pays, mais est. en quelque sorte, concentrée dans une région limitée. Sur les 3000 kilomètre carrés de glaciers situés dans la Norvège méridionale, plus des deux tiers se rencontrent autour du Sognefjord et du Hardangerfjord, entre le 60° et le 62° de Lat. N.

Vitesse d'écoulement des glaciers. — La vitesse d'écoulement des glaciers étant considérée comme un des facteurs des variations périodiques de longueur, il nous paraît utile de faire connaître les observations de ce phénomène faites sur des émissaires du Jostedalsbræ par C. de Seue, en 1868 et 1869, c'est-à-dire pendant une période de crue.

Le tableau suivant indique les vitesses moyennes maxima constatées pour une période de vingt-quatre heures.

Glacier de Boium	: 0m,546
» de Tunsbergdal	: 0m,395
» de Lodal	: 0m,186 [1]

La publication à laquelle ces chiffres sont empruntés n'indique pas la distance des repères ayant servi à mesurer ces déplacements par rapport aux rives et à l'extrémité inférieure des glaciers.

Aucune recherche systématique n'a encore été entreprise pour l'étude des variations de longueur périodiques sur les glaciers de la Norvège méridionale. Quoique voisins de Bergen, un important centre scientifique de la péninsule, ni le Jostedalsbræ, ni le Folgefonn n'ont point

[1] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 29.

été soumis à des observations régulières, comme plusieurs courants cristallins de la Laponie suédoise dont l'accès est singulièrement plus difficile. Pour ces deux nappes, les documents se référant au XVIII[e] siècle ainsi qu'à la première moitié et même aux deux premiers tiers du siècle sont assez abondants et permettent de reconstituer les oscillations éprouvées durant cette période ; au contraire, depuis 1870, alors que ces glaciers sont parcourus par de nombreux touristes et que leurs extrémités inférieures dans les vallées visitées par des foules de voyageurs, leurs variations nous sont connues avec beaucoup moins de précision.

Observations sur les variations de longueur des glaciers.

DÉPARTEMENT DE ROMSDAL

Dans la plus grande étendue de cette circonscription, le sol se dresse en hautes montagnes abruptes affectant le facies alpins ; aussi bien, avec juste raison donne-t-on le nom d'Alpes, aux massifs des districts de Romsdal et de Söndmöre. Le point le plus élevé de cette région est le Benkehö (2008^{m}) dans le Romsdal. D'après le professeur A. Helland [1] plus du dixième de la surface continentale [2] de cette région se trouve à une altitude dépassant 939^{m}. Quoiqu'il en soit, le phénomène de la glaciation y est relativement peu développé, et se manifeste seulement sur une surface de 255 kilomètres carrés répartis entre plus de 200 localités.

[1] A. Helland, *Jordbunden i Romsdals Amt. (Norges geologiske Undersögelse* n° 18), Chistiania, 1895.

[2] Superficie totale du département : 14989 kilomètres carrés. Superficie des îles : 1805 kilomètres carrés.

Romsdal.

Glacier du Vengetind.

En 1882, d'après le célèbre grimpeur danois, Carl Hall, il était « très affaissé dans sa partie supérieure [1].

Sundal.

Glacier du Vinnufjel.

« Dans ces dernières années le glacier s'est retiré. Du monticule près de Vennevold dans le Sundal on pouvait en effet l'apercevoir auparavant, maintenant il a tellement diminué que l'on ne voit plus que la moraine située en avant [2] ». L'observation date au plus tard de 1894.

DÉPARTEMENT NORD DE BERGEN

Aalfotbræ et gjegnalundsbræ.

Ce massif glaciaire, situé à l'ouest du Hyenfjord (Nordfjord), est encore très peu connu. Il semble constituer un *local ice cap*. Sa superficie serait de 125,2 kilomètres carrés [3].

D'après M. K. Bing, de Bergen, le seul alpiniste qui ait visité ces glaciers, l'Aalfotbræ et le Gjegnalundsbræ ne forment qu'une seule nappe. Cette coupole « n'émet sur ses pentes aucun courant important ». Les langues

[1] Carl Hall, *Turistminder fra Romsdalen*. in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1883*, p. 70.

[2] A. Helland, *Loc. cit.*, p. 80.

[3] E. Richter, *Die Gletscher Norwegens*. in *Geographische Zeitschrift*, II, 1896, Leipzig.

de glace les plus développées qu'elle projette se trouvent. sur son versant est, dans le Skjærdal.

« L'Aalfotbræ, m'écrit M. K. Bing au début de 1899, subit actuellement un recul considérable: ce mouvement a commencé seulement il y a dix ou quinze ans. La période de recul a donc débuté entre 1884 et 1889 ».

JOSTEDALSBRÆ.

Entre le Nordfjord. le Sognefjord et la vallée de l'Otta se rencontre une suite de vastes glaciers qui constituent le massif glaciaire le plus étendu de l'Europe continentale.

Si, sous la dénomination générale de Jostedalsbræ. quelques auteurs comprennent l'ensemble de toutes ces nappes, la plupart réservent, au contraire, ce nom à une portion seulement de cette région. D'après ces géographes dans les limites indiquées plus haut, on doit distinguer trois massifs distincts :

1° Le Jostefond, du Vetlebræ à la passe conduisant du Boiumdal dans le Lundal;

2° Le Jostedalsbræ, entre cette dernière passe et la crête de la Lodals Kaabe.

3° Les massifs situés à l'est de cette dernière cime.

Suivant l'évaluation du professeur Richter [1] qui me paraît devoir être admise jusqu'à nouvel ordre en raison du soin et de la conscience que ce naturaliste apporte dans tous ses travaux, la surface occupée par ces différents groupes glaciaires est de 1675 kilomètres carrés: 64 kilomètres carrés pour le Jostefond, 942,8 kilometres carrés pour le Jostedalsbræ proprement dit et 666.8 kilomètres carrés pour les massifs situés entre le Lodals

[1] *Loc cit.* in *Geographische Zeitschrift*, II, 1896, Leipzig.

Kaabe et la vallée de l'Otta. Tous ces glaciers sont des *inlandsis* ou des *local-ice-caps,* suivant la classification que l'on adopte.

Le *Jostedalsbræ proprement dit* recouvre un plateau ondulé, large d'une douzaine de kilomètres, long de soixante environ, atteignant son point culminant (2013m) entre le Tungsbergdal et le Kjensdal. Profondément échancré sur ses bords par des vallées qui continuent dans l'épaisseur du relief les dépressions fjordiennes, il se trouve fractionné en une nappe principale et des plaques secondaires situées sur les apophyses de son ossature.

Dans ce massif, les glaciers se trouvent ainsi répartis :

1° Nappe principale : 637,8 kilomètres carrés.

2° Contreforts sur le versant nord :

a. Grovebræ entre le Gröndal et le Kösnäsfjord, complètement isolé du Jostedalsbræ. Superficie 33,2 kilomètres carrés.

b, Massif du Snenipa, entre le Meklebostdal et l'Oldendal, séparé du Jostedalsbræ par l'Oldenskar. Superficie 101,2 kilomètres carrés.

c, Ravnefjeld, entre l'Oldendal et le Loendal. Superficie 30,4 kilomètres carrés.

d. Massif du Skaale, entre l'Oldendal et l'Erdal. Superficie : 50,4 kilomètres carrés.

3° Versant sud.

a. Le Svardalsbræ, entre le Fjærlandsfjord et le Veitestrand. Superficie 24 kilomètres carrés.

b. Le massif de Saata[1] entre le Veitestrandsvand et le Tunsbergdal. Superficie ; 24,8 kilomètres carrés.

[1] Kart over Jostedalsbræ au 200,000e. in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1890.* Richter nomme ce glacier Tværdalsbræ.

c. Les Röjkedalsbræ. Listölsbræ et Vasdalsbræ, entre le Tunsbergdal et le Jostedal, isolés du Jostedalsbræ par le Röjkedal. Superficie : 41 kilomètres carrés.

La surface occupée par le Jostedalsbræ proprement dit et ses embranchements atteint donc une étendue de 942,8 kilomètres carrés.

De la nappe principale du Jostedalsbræ descendent une quarantaine de glaciers.

A l'est du Lodals Kaabe qui marque la limite orientale du *Jostedalsbræ proprement dit*, la nappe de glace s'étend jusqu'à la vallée de l'Otta sous les noms de Sikkelbræ et de Sækkebræ. Superficie : 184,8 kilomètres carrés.

Elle est flanquée, au nord, par le Skridulaupebræ (superficie 132,8 kilomètres carrés), et, au sud, par six massifs, moins importants. Ce sont :

a. La coupole comprise entre le Jostedal et le Morkereidsdal (superficie : 100,8 kilomètres carrés); *b*. celle située entre le Morkereisdal et le Fortundal (superficie : 113,6 kilomètres carrés); le Liabræ (superficie 21,6 kilomètres carrés); le Gjotaabræ (superficie : 70 kilomètres carrés); le Hestbræ (superficie : 42,5 kilomètres carrés).

A. JOSTEFOND

Actuellement le Jostefond se trouve séparé du Jostedalsbræ proprement dit, entre le Grondal et le Lundal par une zone dépouillée de glaciation. Il y a soixante ans environ, les deux nappes étaient réunies [1].

[1] K. Bing, in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1896*, Kristiana.

B. JOSTEDALSBRÆ PROPREMENT DIT

I. *Nappe principale.*

VERSANT MÉRIDIONAL

a. Bassin du Fjærlandsfjord.

1° *Glacier du Vetlefjord* (C. de Seue). (*Vetlebræ*).

En retrait avant 1868. En 1868 et en 1869 progression [1]. Depuis, régime inconnu.

2° *Boiumbræ.*

Largeur dans sa partie inférieure de 800 à 950 m. [2] Altitude de son front, en 1869 : 151 m.

Pendant le cours du XVIII[e] siècle, ce glacier a éprouvé une crue. Ce phénomène est attesté par la présence d'anciennes moraines [3]. Suivant C. de Seue, en 1869, ces moraines étaient distantes de 600 m. du glacier, et d'après Richter, en 1895 de 6 à 700 m. L'époque du maximum se placerait vers 1720 et aurait été suivie d'une longue période de recul.

« D'après des relations qui ne sont cependant peut-être pas bien authentiques, écrit en 1869 de Seue, la diminution pendant les cent cinquante dernières années aurait été de 600 m. environ. En tout cas, avant 1868 le glacier était depuis longtemps en retrait [4] ».

[1] C. de Seue, Le *névé de Justedal et ses glaciers.* Kristiania 1870 P. 10.

[2] Sexe. *Le glacier de Boium.* Kristiania, 1869.

[3] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 12, et Richter. *Beobachtungen uber Gletscherschwankungen in Norwegen 1895. in Petermanns Mitt.* 1896. 5. p. 108.

[4] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 12.

En 1869, et, peut-être même dès 1868, commença une phase de croissance [1].

Sur la durée de cette période de crue, les renseignements font complètement défaut.

Le 27 juillet 1895, M. Richter releva des traces d'un « léger recul. Les moraines latérales dominaient le Boiumbræ de 20 à 30 m. et une moraine frontale apparaissait, à une distance de 50 à 100 m. de son extrémité inférieure [2] ».

« La comparaison des photographies exécutées en 1868 par C. de Seue, avec celles prises par le photographe de Bergen, Knudson, vers 1880 et mes propres observations, ajoute M. Richter, montre que, dans cet intervalle, ce glacier n'a subi aucune modification. Sur ces différents documents, même de petits détails sans importance dans la stratification du glacier sont identiques [3]. » L'état stationnaire du Boiumbræ est, d'autre part, indiquée par l'égalité des distances des anciennes moraines par rapport à son front en 1869 et en 1895. A la première de ces dates, de Seue l'évaluait à 600 mètres, à la seconde, Richter la fixait à 6 ou 700 m.

Résumé.— Vers 1720, crue ; ensuite, décroissance atteignant une amplitude de 600 m. A partir de 1868, crue, puis état presque stationnaire.

3° *Glacier de Suphelle.*

Glacier remanié. Longueur de la partie supérieure : 5 kilom., de la partie inférieure : 1 kilom. Altitude de l'extrémité inférieure : 42 m. (1868-1869) [4].

[1] C. de Seue, *Loc. cit.* p. 12.

[2] Richter. *Beobachtungen uber Gletscherschwankungen in Norwegen 1895.* p. 108.

[3] *Ibid* p. *ibid.*

[4] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 12.

Au XVIIIe siècle, ce glacier subit un allongement considérable. A cette époque, il barra la vallée (Supphelledal) ouverte perpendiculairement à sa direction. Sur la rive gauche de cette vallée, à une assez grande hauteur au-dessus du torrent et à une distance de 600 m. du front (1895), s'élève un cercle morainique marquant cette ancienne extensio ndu Suphelle [1]. Les traditions des indigènes ont, du reste, conservé le souvenir de cette crue. En 1851, le paysan, qui guidait Forbes dans ses excursions, montra au célèbre naturaliste écossais un bloc déposé par cette crue [2], et, en 1877, les habitants du *gaard* de Suphelle racontèrent à l'auteur anonyme d'un travail sur les variations des glaciers en Norvège, que « jadis le *gaardman* [3] passait avec sa charette sur la glace [4] » (évidemment parce que la vallée était obstruée par le Suphellebræ).

Après cette crue, le glacier rentra peu à peu dans son lit, toutefois il resta longtemps stationnaire à 300 m. en deça de ses moraines frontales les plus éloignées, comme le prouve l'existence en ce point d'une enceinte morainique, aujourd'hui couverte de bouleaux [5].

En 1851, d'après Forbes, le front du glacier se trouvait à l'altitude de 105 pieds (32 m.).

En 1868, après avoir été depuis longtemps en retrait, le Suphellebræ avança, et, l'année suivante, continua à

[1] Richter. *Loc. cit.* p. 409.

[2] J. Forbes, *Norway and its glaciers visitet in 1851*. Edimbourg, 1853, p. 151.

[3] Propriétaire d'un *gaard*.

[4] *Bræernes Væxt og Aftagen i Norge*. in *Naturen* février 1882, p. 19.

[5] Richter. *Loc. cit.* p. 109.

progresser. Durant ces deux années la progression peut être évaluée à dix mètres [1].

Le 9 août 1889, W. Cecil Slingsby signale également une crue. A cette date, « le Supellebræ menacait d'envahir et de barrer la rivière qui coule dans l'étroite vallée située en dessous [2] ».

Le 28 juillet 1895, d'après Richter, l'extrémité inférieure du Suphellebræ « était entourée d'une enceinte de moraines toute fraîche, distante de 30 à 70 m. de la glace ». « La situation du glacier en 1895 permet, ajoute-t-il, de conclure à un recul modéré ».

Résumé. — Au XVIII[e] siècle, crue considérable, ensuite. période de retraite. De la date du maximum à 1895 le recul a été de 600 m. En 1868 et en 1889, progression. En 1895, recul modéré.

4° *Petit glacier de Suphelle.*

Longueur : 2 kilom. Largeur dans sa partie inférieure : 200 m. Altitude de l'extrémité inférieure : 409 m.[3] (en 1868).

« Le glacier était, en 1869, en voie de progression rapide ; il s'était surtout remarquablement étendu en largeur. Autrefois, il aurait été en retraite, d'après ce qu'on dit. A cette date, il était entouré d'une moraine, dont, en 1868, je ne voyais que de faibles traces [4] ».

1868. C. de Seue.

[1] C. de Seue, *Loc. eit.* p. 12.

[2] W. C. Slingsby, *The Jostedalsbræ visited.* in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1890,* p. 22.

[3] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 13.

[4] *Ibid.* p. *Ibid.*

b. Bassin du Veitestrandvand.

Glaciers du Langedal et de l'Austerdal.

Glacier du Langedal. Longueur : 4 kilom. ; largeur : 9 à 1200 m. Alt. du front, en 1868-1869 : 303 m.

Glacier de l'Austerdal. Longueur : 8 kilom. ; largeur : 6 à 1500 m. ; alt. du front, en 1868-1869 : 258 m.[1].

« La partie supérieure du Langedal est remplie de cercles morainiques[2] ». Peut-être, ces dépôts se rapportent-ils à la crue du XVIIIe siècle qui paraît avoir affecté tous les glaciers du Jostedalsbræ.

D'après C. de Seue, le glacier du Langedal augmenta de 1868 à 1869.

L'Austerdal présente également des traces évidentes d'une ancienne extension du glacier. Sur une distance de seize cents mètres en avant de son front actuel s'étend un désert de pierres parsemé de vestiges d'anciennes moraines[3]. D'après M. W. Cecil Slingsby, ces formations dateraient d'une crue du XVIIIe siècle.

Après avoir été en retrait durant les années précédentes, l'Austerdalsbræ « paraissait en voie de progression en 1869[4] ».

[1] C. de Seue. *Loc. cit.*, p. 13 et 14.

[2] *Ibid.* p. 13.

[3] W. Cecil Slingsby, *Unknown corners of the Jostedalsbræ*. in *Den Norske Turistforenings Aarbog*, Kristiania.

[4] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 14

c. Bassin du Jostedal.

Tunsbergdal.

Tunsbergdalsbræ.

Longueur : 14 kilom. ; largeur 1000 à 1500 m. Alt. du front en 1868-1869 : 445 m. [1].

De 1819 environ à 1868 et 1869 ce glacier a été en retraite [2]. Pendant cette période il aurait reculé de 300 mètres.

Le Tunsbergdalsbræ n'a pas éprouvé au XVIII[e] siècle une crue aussi considérable que celle qui a affecté plusieurs autres glaciers du Jostedalsbræ, ou n'a pas reculé autant que ces glaciers depuis l'époque du maximum. On ne voit pas, en effet, à une grande distance de son front actuel une enceinte de vieilles moraines comme au Suphellebræ, et comme dans plusieurs autres vallées (voir ci-dessous.

En 1868-69, crue incertaine [3].

D'après M. K. Bing, le Tunsbergdalsbræ est en retraite régulière depuis cinquante ou soixante ans [4] ».

[1] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 14.

[2] En 1869, C. de Seue écrivait : « D'après des relations qu'on doit présumer exactes, pendant les cinquante dernières années, la retraite doit avoir été approximativement de 300 mètres ». *Loc. cit.* p. 15.

[3] « Il se peut que le glacier soit de nouveau en progression ». (C. de Seue). *Loc. cit.*, p. 14.

[4] Communication de M. K. Bing, de Bergen, en date du 25 mars 1899.

VERSANT ORIENTAL.

Bassin du Jostedal.

a. Krondal.

1° *Glacier méridional de Bergsæt* (C. de Seue), ou *Gronnedskredsbræ*[1], ou *Vetlebræ* (Forbes).

2° *Grand glacier de Bergsæt* (C. de Seue) ou de *Krondal* (Forbes) ou *Bergsæterbræ*[2].

3° *Glacier septentrional de Bergsæt* ou de *Björnsteg* (C. de Seue) ou *Tværbræ* (Forbes).

Vers 1730, ces trois glaciers ont éprouvé une crue considérable. Ce phénomène se trouve relaté dans un document authentique. Les habitants du Krondal ayant demandé à être déchargés des impôts, à la suite des ravages exercés par les glaciers sur leurs terres, le 21 juillet 1742, le *sorenskriver* (juge de paix), le *foged* (sous-préfet) et six témoins se rendirent au *gaard* de Bergsæt pour examiner l'état des lieux et rédigèrent un procès-verbal descriptif de la situation, qui se trouve conservé dans les archives du département nord de Bergen[3].

[1] *Kart over Justedalsbræ*, 200.000e. in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1890.*

[2] *Ibid.*

[3] Cette pièce, très curieuse, est reproduite dans le mémoire de G. Bohr sur les glaciers de Jostedal (*Om Isbræerne i Justedalen og om Lodaolskaube*, publié dans le *Blandinger* (mélange) de 1820. Ce mémoire a été réimprimé dans *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1874*. Kristiania.

On attribue à tort aux naturalistes suisses de la première partie du siècle les premières études scientifiques sur les glaciers. Cet honneur appartient à des Scandinave. En 1812, Wahlenberg publia son magistral ouvrage sur les glaciers du Sulitelma, et, la

Sur le glacier septentrional de Bergsæt, ce document renferme le passage suivant :

« Ils (les fonctionnaires et les témoins) observèrent que toute la « glacière » était descendue jusqu'à 880 pieds des maisons de Bersæt, entre deux montagnes, dans un ravin appelé Tufteskar. Ce glacier vient du nord et regarde, vers le sud, la montagne Höineppen, de l'autre côté de la rivière. Deux vieillards affirmèrent que, dans leur jeunesse, le glacier se trouvait très haut sur le Tufteskar, mais, que, dans ces derniers dix ans, il avait avancé d'environ 600 pieds (180 m.) dans la plaine.

Le glacier enlève du sol toutes les pierres et toute la terre et les pousse devant lui. En longueur, il avait augmenté de 1680 pieds (520 m.[1]). »

même année le Norvégien C. Smith étudia la Jostedalsbræ et le Folgefom. Ses observations publiées en 1817 (*Nogle Jagtagelser især over Iisfjeldene (Gletscher) paa en Fjeldreise i Norge, 1812)* dans les *Topographisk-Statistike Samlingen* II. 2. Kristiania, présentent le plus haut intérêt. Smith attribue la formation des glaciers au regel, et, avant Tyndall, signale l'humidité comme le principal agent de leur constitution. Ce naturaliste remarqua les variations de longueur des glaciers et chercha la cause de ce phénomène dans les variations météorologiques.

En 1820, Bohr étudia le Jostdalsbræ ; son attention se porta également sur la question des variations de longueur des glaciers. « Le défaut d'observations sur les variations annuelles des glaciers, écrit-il, comme les modifications de l'état de l'atmosphère ne nous permettent pas encore d'affirmer si les glaciers augmentent ou diminuent, ni de trouver la longueur de ces périodes, les lois qui les régissent, leurs conséquences, etc ». (*Loc. cit.* in *Loc. cit.* p. 91.) Depuis quatre-vingts ans nos connaissances sous ce rapport n'ont guère progressé et les desidérata formulés par Bohr, en 1821, constituent précisément l'objet des recherches de la Commission internationale des glaciers.

[1] Il est probable que le glacier s'était étalé dans le bas de la vallée à la sortie de la gorge dans laquelle il était enfermé.

A la même date, le grand glacier et le glacier méridional de Bergsæt étaient également en progression rapide. Sur ce phénomène, le procès-verbal renferme le passage suivant :

« A l'ouest, de l'autre côté de la vallée (il s'agit évidemment du grand glacier de Bergsæt, d'après cette indication topographique), la montagne et le sol arable sont, depuis les hauteurs jusqu'à la moraine, couverts par le glacier. Du côté du sud, le glacier (c'est-à-dire le glacier méridional de Bergsæt) avait également avancé entre les montagnes, dans le Vetledal... Il avait presque complètement détruit les pâturages du *gaard* de Bergsæt. Les terres arables qui restaient étaient encore tout à fait vertes; un peu de blé portait des épis qui n'étaient pas mûrs, en raison du froid rigoureux et du vent que le glacier soufflait maintenant plus violemment qu'auparavant et par suite de son progrès dans la vallée, ce qui produisit le gel du blé en une nuit par un temps clair [1] ».

En 1810, L. de Buch visita le Krondal. A cette date, autant qu'on peut en juger par sa relation, il n'y aurait eu qu'une seule moraine, très épaisse, devant le grand glacier de Bergsæt. A cette époque, les champs de céréales du Bergsæt gaard ne se trouvaient séparés du courant de glace que par l'épaisseur de ce monticule. Le glacier était donc, semble-t-il, en maximum stationnaire.

D'après les observations barométriques du célèbre voyageur allemand, l'extrémité inférieure du courant se rencontrait à l'altitude de 1494 pieds (478 m.) [2].

[1] E. Bohr. *Loc. cit.* in *Loc. cit.*. p 90.

[2] *Nogle Iagttagelser isar over Jisfieldene (gletscher) paa en Fjeldrise i Norge 1812 af Professor Chr. Smith.* in *Topographisk-Statisteike Samlinger.* Decl. 2 Bind. 2 Chistiania 1817.

L'été de 1811 fut extraordinairement chaud; sous l'influence de cette température anormale, l'étendue des névés sur le plateau supérieur, entre le Krondal et les vallées de Löen et d'Olden, diminua singulièrement. En temps normal, Smith évalue leur largeur à un mille norvégien (11 kilm.). D'après les témoignages qu'il recueillit, l'année suivante, cette largeur aurait diminué des trois quarts [1].

Les courants du Krondal ne paraissent pas cependant avoir subi une grande diminution, comme l'indique la description de Smith qui les visita en 1812.

« Immédiatement au-dessus du *gaard* supérieur de Bergsæt, au fond de la vallée, on se trouve entouré par des branches des glaciers qui descendent des montagnes. A droite, une masse de glace s'allonge en formant une déclivité régulière. (Evidemment le Tverbræ). « Plus bas, se trouvent de grandes moraines, hautes de plusieurs brasses, situées à une distance de quelques centaines d'aunes [2] de l'extrémité du glacier, espace qui a été autrefois couvert par le glacier. A gauche, une seconde branche [3] arrive seulement à moitié de l'escarpement rocheux sur laquelle elle repose, et, au milieu de la vallée, la troisième [4], qui est la plus grande, s'avance encore sur un certain espace dans la vallée. Ce glacier a également poussé devant son front de gros monticules. »

En 1820, le front le plus extrême du grand gla-

[1] L. de Buch. *Ueber die Gränzen des ewigen Schnee's im Norden.* in *Gilbert's Annalen* 1812, p. 22.

[2] L'aune vaut $0^{m},60$.

[3] Le glacier méridional de Bergsæt ou Gronnedshgedsbræ ou Vetlebræ.

[4] Le gramd glacier de Bergsæt.

cier de Bergsæt[1] était située à 1440 pieds norvégiens (444m)[2].

Deux ans plus tard, d'après le géologue allemand Naumann, l'extrémité inférieure de ce même glacier se trouvait à une distance de 2000 pieds[3] (600m) des moraines du XVIIIme siècle. Ces moraines formaient deux murailles concentriques hautes de 20 à 30 pieds; tout l'intervalle les séparant du glacier était couvert de pierres sans aucune trace de végétation[4].

En 1845, le recul continuait toujours. A cette date, Durocher évaluait le retrait du grand glacier de Bergsæt, depuis les moraines du XVIIIme siècle, à plus de 600 m., et celui du glacier septentrional à 350 ou 400 m.[5]. Ce dernier courant avait éprouvé une diminution en largeur plus considérable qu'en longueur. Sur un croquis joint au mémoire de Durocher, trois cercles de morainiques concentriques enveloppent le front du Tverbræ retiré dans sa gorge et le glacier méridional a reculé à mi-hauteur de son escarpement, comme Smith l'avait déjà signalé en 1812.

En 1851, le mouvement de décroissance persistait. A cette époque, d'après Forbes, le front du grand glacier de Bergsæt se trouvait à 700 yards (819m) de la moraine

[1] Bohr n'indique pas auquel des glaciers de Bergsæt cette altitude se rapporte. D'après sa relation, il est clair cependant qu'elle se réfère au grand glacier de Bergsæt.

[2] E. Bohr, *Loc. cit.*, p. 89. D'après une observation barométrique. Toutes les altitudes des fronts des glaciers données par ce voyageur ont été obtenues par cette méthode.

[3] L'auteur n'indique pas le pied choisi comme unité.

[4] Naumann (Carl Friedrick). *Beyträge zur Kenntniss Norwegens, gesammelt auf Wanderungen während der Sommermonate der Jahre 1821 und 1822*, Leipzig. 1824.

[5] Durocher, *Annales des mines*, 4e série, XII. 1847, Paris.

de 1742 [1]. Dans l'espace compris entre la grande moraine et l'extrémité supérieure du courant, on ne voyait à cette époque aucun bouleau.

L'ouvrage de Forbes contient (p. 165) un croquis indiquant la position respective du front des trois glaciers du Krondal en 1851. Ce document représente le grand glacier de Bergsæt retiré dans sa gorge. Son front ne dépasse guère le pied de la montagne située à droite. Le glacier septentrional et le glacier méridional ont également rétrogradé sur les escarpements qui leur servent de lits.

En 1868-1869, d'après C. de Seue, le grand glacier de Bergsæt et le glacier méridional étaient en retrait, tandis que le glacier septentrional était « depuis quelques temps » en progression [2].

Le grand glacier est formé de trois branches. En 1868-1869, les deux courants latéraux étaient simplement tangents au bras central. Sur le croquis de Durocher (1845), le courant latéral venant du nord se soudait au courant principal, tandis que la dérivation méridionale en était déjà séparée. Donc, de 1845 à 1868-1869, diminution de la glaciation.

En 1878, le grand glacier de Bergsæt se trouvait à mille mètres environ des moraines de 1742 [3]. A cette

[1] J. Forbes, *Norway and its glaciersv isited in 1851*, Edinburgh 1853, p. 169.

[2] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 15.

[3] L. Holmström, *Om morœner och terrasser.* in *Öfversegt af K. Vetenskaps-Akademi förhandlingar.*, vol. XXXVII, p 14, Stockholm.

« Lorsqu'on arrive à environ mille mètres du glacier de Bergsæter on de Bergsæt, le sol devient presque complètement dépouillé de végétation. Les moraines apparaissent là comme si elles avaient été déposées tout récemment ».

date, il était en retrait. « Avant ma visite, rapporte M. L. Holmström, il s'était retiré sur plusieurs points à une distance de quelques mètres de sa moraine, certainement par suite de la haute température de l'été.... La moraine la plus récente est peu importante dans le milieu de la vallée, mais, vers le nord, son relief augmente et devient notablement plus considérable, eu égard aux dimensions du glacier qui n'est pas très grand.

A cette date, la branche méridionale du grand glacier de Bergsæt touchait à peine le bras central, toujours d'après M. Holmström.

Résumé. — Au commencement du XVIII[me] siècle, les glaciers du Krondal, ou tout au moins le glacier septentrional de Bergsæt étaient très réduits. Vers 1730, ils entrèrent en progression et envahirent des terrains qui n'avaient jamais été soumis à la glaciation. Cette crue affecta le caractère d'un véritable cataclysme. De 1730 à 1742, le glacier septentrional de Bergsæt avança de 180 m. Vers 1742 se place l'époque de ce maximum anormal. Il semble avoir persisté jusqu'en 1810. Depuis cette date jusqu'en 1869 s'est manifesté une retraite, lente mais continue. En 1869, et peut-être pendant les années suivantes, s'est produit une crue d'un caractère passager, puis le recul a repris. En 1878, le retrait éprouvé par le grand glacier de Bergsæt depuis l'époque de son maximum était évalué à mille mètres.

Depuis 1878, le régime des glaciers du Krondal nous est inconnu.

(A suivre.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

Prof.-D[r] J. SCHEINER. STRAHLUNG UND TEMPERATUR DER SONNE. RADIATION ET TEMPÉRATURE DU SOLEIL. Leipzig, W. Engelmann, 1899, in-8°, 99 p.

Ce petit volume est une monographie complète de l'*énergie* solaire. Il débute par une étude de l'absorbtion de la lumière et de la chaleur dans l'atmosphère terrestre, puis vient un court chapitre consacré à la radiation lumineuse du soleil, et l'auteur renvoie pour ce sujet à l'ouvrage de M. le professeur Müller, *die Photometrie der Gestirne*, dont il a été rendu compte précédemment [1]. La monographie se termine par quelques pages consacrées à la radiation solaire dans ses effets chimiques et électro-dynamiques.

Mais la majeure partie du volume traite de la radiation calorifique et de la température du soleil. L'auteur passe d'abord en revue les différents instruments et méthodes employés pour mesurer la chaleur solaire. C'est une étude plus complète que celle que l'auteur avait déjà consacrée à ce même sujet dans *Himmel und Erde*, 10[me] année, p. 433 (juillet 1898). Les actinomètres de différentes constructions, le pyrhéliomètre de Pouillet, le bolomètre de M. Langley, etc., y sont brièvement décrits avec les résultats qu'ils ont fournis pour la *constante solaire*.

Puis l'auteur passe à la question de la température du soleil en commençant par définir ce que l'on doit entendre par là : température d'une sphère noire ayant les mêmes dimensions et le même pouvoir rayonnant que la sphère solaire. Pour déterminer la température d'un corps par l'échauffement qu'il produit sur d'autres corps, il faut connaître la loi qui relie la radiation à la température. C'est en partant de la loi de Newton, que le P. Secchi avait conclu à une température énorme, de plusieurs millions de degrés, pour le soleil. En partant de la loi de Dulong et Petit, on trouve, en revanche, une température de 1500° environ, certainement trop faible. M. Scheiner donne la préférence à la loi très

[1] *Archives* 1897, tome IV, p. 71.

simple trouvée par M. Stefan, qui attribue à la chaleur rayonnée par un corps une valeur proportionnelle à la quatrième puissance de la température de ce corps. Cette loi a été vérifiée par MM. Lummer et Pringsheim jusqu'à une température de 1560°. Si on l'applique au soleil, en prenant 4 calories comme valeur probable de la constante solaire, on trouve pour le soleil une température de 7000° environ que M. Scheiner élève encore à la valeur de 7760° par diverses considérations dans le détail desquelles il serait trop long d'entrer ici.

L'auteur étudie encore dans ce volume : les variations de la radiation suivant les différentes parties du disque du soleil, l'absorbtion dans l'atmosphère solaire, au-dessus de la photosphère, les méthodes indirectes que l'on a employées pour déterminer la température du soleil, puis la diminution séculaire de la chaleur solaire et les variations périodiques présumées de cette chaleur. Il termine, dans une annexe, par une étude détaillée des valeurs déterminées pour le diamètre du soleil et des variations que l'on a cru y constater, mais qui ne semblent pas réelles. R. G.

PHYSIQUE

H. Baumhauer, professeur à l'Université de Fribourg en Suisse. Darstellung der 32 moeglichen Krystall klassen. Exposé des 32 systèmes cristallins possibles. br. in-8. 36 p., 32 fig., 1 pl. Leipzig, Engelmann. 1899.

Depuis que l'évidence a forcé à adopter les 32 systèmes cristallins de Hessel et de Bravais, les cristallographes sont perplexes ; ces systèmes sont en effet trop nombreux pour qu'il soit facile d'en retenir sans hésitation, et plus encore d'en faire comprendre aux élèves les caractères de symétrie assez subtils. Chaque système est en effet défini par un certain groupement d'éléments de symétrie qui sont eux-mêmes de diverses natures : centre, plans de symétrie, axes de symétrie directe et alterne de divers ordre. Le tout finit par être assez compliqué.

On peut amener une première simplification en remarquant que ces groupements ne sont pas arbitraires, mais

répètent en général un petit nombre de combinaisons toujours les mêmes. C'est ce qu'a fait M. Curie il y a quelques années, en fondant sa classification sur la notion du plan de symétrie, mais en distinguant diverses espèces de plans de symétrie suivant les autres éléments qui leur sont associés. C'est aussi ce que fait M. Baumhauer en partant de la notion d'axe de symétrie.

M. Baumhauer fait d'abord la distinction habituelle des axes de symétrie directe (Deckachsen) et des axes de symétrie alterne (Spiegelachsen). Il distingue ensuite des axes homogènes ou hétérogènes, suivant qu'ils sont ou non parallèles à des plans de symétrie ; puis des axes symétriques ou asymétriques suivant qu'ils sont ou non perpendiculaires à un plan de symétrie. Enfin un axe asymétrique peut être polaire, si ses deux bouts portent des faces d'espèces différentes (hémimorphie), ou tordu si l'un des bouts présente des faces semblables à celles qui existent sur l'autre, mais tournées par rapport à celles-ci d'un angle qui pour chaque forme a une valeur différente (énantiomorphie sans hémimorphie).

On voit facilement que ces définitions permettent de dire beaucoup de choses en peu de mots. Un axe de symétrie directe, quaternaire, homogène et symétrique entraîne par exemple forcément toute la symétrie quadratique holoédrique. C'est là certainement une simplification et cette manière de caractériser les divers systèmes nous paraît présenter de réels avantages.

Partant de là, M. Baumhauer établit une classification des 32 systèmes en 7 groupes, qui se rapproche beaucoup de celle qui a été proposée par M. Schœnflies, mais qui nous paraît moins logique. En effet l'auteur, désireux d'obtenir entre le groupe digonal et le groupe trigonal un parallélisme semblable à celui qui existe entre le groupe tetragonal et le groupe hexagonal, est conduit à abandonner pour les systèmes peu symétriques sa base de classification, et à faire du système triclinique un groupe spécial, tandis que, ainsi que M. Schoenflies l'a reconnu, l'holoedrie triclinique est géométriquement un système digonal à axe binaire alterne inhomogène, et l'hémiédrie triclinique un système monogonal à axe unitaire inhomogène et polaire. Le parallélisme existe en

réalité entre les groupes à un axe principal d'ordre pair d'une part, lesquels admettent la symétrie alterne, et les groupes à un axe principal d'ordre impair qui ne l'admettent pas. Le groupe digonal est parallèle au groupe tétragonal et au groupe hexagonal; s'il semble lui manquer un système, c'est que l'existence d'un axe binaire alterne homogène entraîne celle d'un axe binaire direct perpendiculaire au plan de symétrie : le système en question se confond avec le système clinorhombique holoédrique qui fait partie du même groupe.

La classification de M. Baumhauer n'a donc pas l'unité géométrique de celle de M. Schœnflies, tandis que comme celle-ci, elle est artificielle en ce sens qu'à part l'irrégularité citée plus haut pour le système triclinique, elle laisse de côté le caractère fondamental de la syngonie, qui joue pour les propriétés physiques des cristaux en rôle au moins égal à celui de la symétrie. Les groupes trigonal et hexagonal forment, au même titre ques les deux sous-groupes du groupe cubique, deux sous-groupes d'une même classe naturelle dont les divers systèmes sont souvent très difficiles à distinguer en pratique. Cette objection est d'ailleurs ici peu grave, chacun étant libre d'établir ce sur-groupement syngonique sans renoncer pour cela à l'ordre très ingénieux dans lequel M. Baumhauer range les divers systèmes, ordre qui fait ressortir leurs analogies d'une manière extrêmement intéressante. L'objection est plus sérieuse pour les groupes monogonal et digonal qui ne sont vraiment pas des groupes naturels. Les systèmes à syngonie clinorhombique qui y sont dispersés présentent dans toutes leurs propriétés beaucoup plus d'anologie entre eux qu'avec les systèmes rhombiques ou tricliniques auxquels ils se trouvent associés.

Le mémoire de M. Baumhauer indique ensuite une manière de symboliser en projection les diverses espèces d'axes, grâce à des artifices typographiques très simples et qu'une habitude facile à acquérir doit rendre très clairs.

Il se termine par la description de modèles démontables des sytèmes de symétrie avec leurs axes et leurs principaux caractères. C. S.

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

Ed. Jannetaz, maître de conférences à la Sorbonne. Les roches et leurs éléments minéralogiques. 3me édition. Paris, J. Rothschild, éditeur.

L'ouvrage est divisé en 3 livres. Ainsi que l'auteur le dit dans sa préface, le premier livre est un traité élémentaire de cristallographie physique, le second un précis de minéralogie et le troisième est consacré à la description des roches.

Le premier livre débute par une énumération sommaire de quelques propriétés physiques communes à toutes les espèces, densité, dureté, cassure, couleur, éclat; puis vient la cristallographie géométrique. Cette partie donne une simple énumération des systèmes suivie de quelques considérations sur la méroédrie sans faire intervenir la notion de dissymétrie de la molécule.

Le chapitre de l'optique est celui qui a reçu le plus de développement. Il présente un résumé assez complet des propriétés optiques applicables à la détermination des minéraux sous le microscope. L'étude des propriétés physiques se termine par un exposé succinct des propriétés thermiques et électriques.

Viennent ensuite, pour terminer le livre premier, les propriétés chimiques, envisagées surtout au point de vue de la détermination pratique, et comprenant les essais au chalumeau et à la perle, les principales réactions microchimiques, et enfin quelques considérations sur l'isomorphisme et sur les formules chimiques.

Le livre deuxième a pour objet la description des espèces minérales. On y trouve une liste assez complète des espèces connues avec leurs propriétés physiques et chimiques essentielles. Après indication des principales séries isomorphes, les minéraux sont répartis en deux groupes principaux, dont le premier renferme sous le nom de minerais les espèces qui intéressent particulièrement l'industrie, et le second toutes les autres. Cette répartition a mis l'auteur dans l'obligation de disséminer certains groupes homogènes dans plusieurs chapitres. C'est ainsi, par exemple, que l'on trouve des spinelles dans les chapitres III, IV et V à côté d'un chapitre

XXI consacré spécialement aux spinelles. Les silicates sont répartis en 13 chapitres où il est difficile d'apercevoir l'ordre suivi. Les orthosilicates, les métasilicates et les polysilicates ne sont pas séparés les uns des autres, et il ne semble pas que l'auteur ait suivi les associations naturelles des minéraux dans les roches.

Le dernier chapitre de ce second livre est consacré à la comparaison des notations de Miller et de Lévy. La notation de Miller ne reçoit pas sa définition algébrique ; il semble cependant que l'auteur aurait pu la donner, puisqu'il suppose le lecteur assez bon mathématicien pour suivre ses calculs dans l'optique.

Le troisième livre traite de l'étude pétrographique des roches, comprenant l'ensemble des matériaux qui constituent l'écorce terrestre, en commençant par les roches éruptives auxquelles succèdent les roches cristallines à structure schisteuse, puis les roches « franchement métamorphiques » (phyllades, schistes argileux) et enfin les autres roches sédimentaires.

La classification des roches éruptives est fondée sur les espèces minérales dominantes et sur la structure.

A la fin de l'ouvrage se trouvent un certain nombre de tableaux relatifs aux minéraux et aux roches. Dans un premier tableau, les minéraux sont rangés suivant la couleur et l'éclat, un autre contient une série d'espèces de densités croissantes; dans un troisième les silicates sont ordonnés d'après les éléments qu'ils contiennent. Vient ensuite un tableau relatif à la fusibilité, et enfin un tableau donnant les formes géométriques principales et les caractères optiques des minéraux.

L'ouvrage se termine par la distribution chronologique des roches, et est accompagné d'un tableau des biréfringences des minéraux, d'une carte géologique de la France au $^1/_{5000000}$ et d'une carte géologique de l'Europe au $^1/_{25000000}$

L'auteur a voulu faire œuvre utile aux personnes peu versées dans l'étude des minéraux. Peut-être a-t-il un peu dépassé la limite au delà de laquelle il faut être un spécialiste pour le suivre.

JOUKOWSKY.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 18 octobre 1899.

E. Bugnion. L'articulation de l'épaule. — A. Herzen. Fonction des différentes parties des centres nerveux.

M. Bugnion présente les résultats de ses études sur *l'articulation de l'épaule.* (Voir *Archives*, 1899, t. VIII, p. 501.)

M. A. Herzen parle des *contradictions entre physiologistes d'une part et pathologistes* d'autre part, au sujet de la *fonction des différentes parties des centres nerveux.*

Les contradictions entre physiologistes proviennent de ce que, les expérimentateurs étudiant les mêmes lésions, les uns se hâtent d'en constater les résultats avant que les conséquences immédiates et prochaines de l'opération se soient dissipées, tandis que les autres laissent patiemment s'écouler la période post-opératoire pour n'étudier l'animal que dans la période d'équilibre, lorsque seul le déficit fonctionnel dû à la lésion apparaît et se maintient indéfiniment. Il est évident que seuls les résultats de ces derniers sont aptes à révéler la fonction de la partie lésée.

Quant aux contradictions entre physiologistes et pathologistes, elles sont dues aux conditions profondément différentes qui président à l'expérience et à l'observation des cliniciens.

Les physiologistes, en effet, observent des *symptômes isolés*, dus à la seule destruction de la partie lésée. Les pathologistes constatent des syndrômes dus à toutes les influences que peut exercer sur tout l'axe cérébro-spinal la présence et le lent déroulement d'altérations plus ou moins concentrées ou disséminées : ils se trouvent presque toujours dans des conditions analogues à celles de la période post-

opératoire des expériences physiologiques. Les contradictions constatées ne sont donc qu'apparentes et s'effacent lorsque les conditions deviennent à peu près les mêmes et que les faits sont par conséquent comparables entre eux. M. Herzen cite à l'appui de son exposé des expériences faites sur le chien et sur le chat et des observations pathologiques sur l'homme.

Séance du 1er novembre.

L. Pelet. Théories de constitution et d'application des matières colorantes. — Renevier. Surface glaciaire polie. — Th. Bieler. Extension de l'ancien glacier du Rhône.

M. Pelet présente à la Société une série complète d'échantillons de teinture et expose les différentes *théories de constitution et d'application des matières colorantes.*

M. Renevier, professeur, signale une belle *surface polie*, striée par l'ancien glacier du Rhône, que M. *Delessert* vient de trouver à Cully, dans la poursuite des travaux de déblaiement de la grande gravière, à côté de la gare; il en montre deux grandes photographies prises par M. Vionnet. L'intérêt de ce poli glaciaire gît dans le fait qu'il n'est pas sur une roche dure, mais sur un grès marneux, ou une marne verdâtre, dite la grappe. Au bas de la surface on voit aussi quelques sillons de lepiès; et dans la tranchée de gravier l'inclinaison coudée qui indique le rivage du lac.

M. Théodore Bieler formule sur les *Moraines internes de la branche rhodane de l'ancien glacier du Rhône* et sur les *Etapes du retrait de la branche rhénane* quelques remarques qu'il se propose de développer dans une prochaine notice insérée au *Bulletin* de la Société.

Séance du 16 novembre.

Renevier. Moulage d'Iguanodon. — Amann. Biologie des mousses. — Ed. Herzen. Répartition des revenus.

M. le prof. Renevier profite de ce que la séance a lieu à

l'auditoire de géologie pour montrer à la Société quelques belles pièces de grande dimension qu'il ne serait pas aisé de transporter au local ordinaire. Ce sont des fac-similés qu'il vient de recevoir en échange du Musée royal belge, représentant la tête, le pied et la main de *Iguanodon Bernissartensis*, ainsi qu'une grande photographie du squelette entier, restauré au Musée de Bruxelles.

M. J. Amann fait une communication avec projections sur *la biologie des mousses.*

M. Ed. Herzen, ingénieur, parle de la *répartition des revenus.* Il y a longtemps qu'on avait observé une certaine constance dans cette répartition. M. Herzen l'exprime d'une façon très simple en ces termes : Si on considère quatre revenus formant une proportion, et le nombre de personnes ayant des revenus égaux ou supérieurs à ceux-là, ces nombres forment eux-mêmes sensiblement une autre proposition. En appliquant cette loi au mouvement social actuel, on voit l'augmentation de revenu moyen accompagnée d'une part d'une augmentation continuelle et générale de la proportion des classes fortunées et, d'autre part, d'une élévation du revenu minimum.

La condition absolue des classes pauvres s'est donc améliorée, mais pas nécessairement leur condition relative, car il intervient dans cette question une série de facteurs psychologiques et moraux qu'on ne saurait évaluer.

En terminant, M. Herzen démontre, par le calcul des probabilités, qu'une répartition analogue à celle des revenus ne peut être l'effet du pur hasard, comme le voulait Lasalle avec sa fameuse théorie des conjonctures. Il doit y avoir une cause, inhérente à la nature des choses, qui fait que les revenus se répartissent d'une certaine manière et pas autrement.

Séance du 6 décembre.

E. Renevier. Helicoprion. — S. Aubert. La flore de la vallée de Joux. — Bugnion. Scorpions d'Amérique et d'Algérie. — Pelet. Oxydation relative du fer et du zinc.

M. le prof. Renevier signale un curieux fossile trouvé

récemment en Russie, et décrit par M. Alex. Karpinsky sous le nom de *Helicoprion*. C'est une spirale d'environ 25 cm. de diamètre, fortement dentée du côté externe, et qu'on prendrait au premier abord pour une Ammonite. Mais le corps est plein et présente une structure osseuse, vérifiée par de nombreuses coupes étudiées au microscope. Ce singulier fossile, dont M. Renevier montre les planches, est certainement un organe de vertébré, très probablement de Poisson sélacien. Des débris de peau de chagrin, reconnus sur les échantillons, le confirment. Les dents de la spire sont plus ou moins denticulées, et ont de l'analogie avec celles du *Carcharodon*. Les exemplaires ont été trouvés dans le Permien inférieur de l'Oural (*Artinsk-Stufe*), qui fait transition au Carbonifère.

M. Karpinsky rapproche son nouveau genre du genre *Edestus*, trouvé en 1855 déjà dans le Carbonique de l'Indiana et de l'Arkansas (U. S. A.) et dont on connaît maintenant plusieurs espèces. Ce sont des arcs osseux, présentant du côté convexe des dents plus ou moins denticulées. Hall les considérait comme des rayons de nageoires (Ichtyodorulites), tandis qu'Agassiz les comparait au rostre denté bi-latéralement du poisson-scie (*G. Pristis)*. M. Karpinsky partage ce dernier point de vue, et réunit les deux genres *Edestus* et *Helicoprion* dans une même famille d'Elasmobranches, les *Edestides*.

Une discussion s'engage sur l'utilité que pouvait avoir un tel rostre enroulé en spirale.

M. S. Aubert présente une nouvelle *note sur la flore de la vallée de Joux*.

M. Bugnion fait circuler plusieurs exemplaires de *scorpions d'Amérique et d'Algérie*.

M. Pelet fait une brève communication préliminaire sur l'*oxydation relative du zinc et du fer* dans l'eau distillée, salée ou ordinaire.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 9 novembre 1899.

C. Graebe. Commission des poids atomiques. — F. Ullmann. Nouvelle synthèse de sulfones aromatiques.

M. le prof. GRAEBE annonce qu'une commission internationale s'est formée dans le but d'arriver à une adhésion générale aux valeurs des *poids atomiques* proposées par MM. Landolt, Ostwald et Seubert.

M. F. ULLMANN décrit un nouveau procédé de synthèse des *sulfones aromatiques.*

Séance du 14 décembre.

C. Graebe et Oser. Dinitronaphtalines. — F. Kehrmann et C. Valencien. Migration des doubles liaisons quinoniques dans la série de l'azonium.

M. le prof. GRAEBE communique la suite des recherches qu'il poursuit avec M. OSER sur les produits de transposition des *dinitronaphtalines* [1].

M. F. KEHRMANN a fait, en collaboration avec M. C. VALENCIEN, de nouvelles observations confirmant l'hypothèse qu'il avait émise sur la cause de la *migration des doubles liaisons quinoniques dans la série de l'azonium* [2].

[1] *Archives*, VIII, 307.
[2] *Archives*, V, 582.

Les auteurs ont reconnu que les sels de *nitrophénylnaphtophénazonium* (I) fournissent avec les amines des produits de substitution dans le noyau naphtalinique en *para* par rapport à l'atome d'azote trivalent. Avec l'ammoniaque on obtient, par exemple, la *nitrorosinduline* II déjà connue.

N NO_2 N Cl C_6H_5

I.

N NO_2 NH_2 N Cl C_6H_5

II.

En revanche, le corps III, que l'on peut obtenir par réduction du composé I, donne avec l'ammoniaque un dérivé de la formule IV, qui présente toutes les réactions des orthodiamines et dans lequel le groupe NH_2 s'est substitué dans le noyau benzénique en *para* par rapport à l'atome d'azote trivalent.

N NH_2 N Cl C_6H_5

III.

N NH_2 NH_2 N Cl C_6H_5

IV.

La meilleure explication que l'on puisse donner de ce fait est de l'attribuer au changement que la transformation du groupe NO_2 a produit dans le caractère chimique du noyau benzénique, et à la migration des doubles liaisons quinoniques qui en est résultée. On remarque, en effet, que dans les deux cas, c'est le noyau auquel sont attachées ces liaisons qui seul possède la faculté d'être directement substitué par les amines.

M. Kehrmann a, en outre, préparé et étudié avec MM. Wolf Steiner et Silberstein, quelques nouveaux isomères de la rosinduline.

Séance du 11 janvier 1900.

P. Crépieux et F. Reverdin. Dérivés chlorés de l'α-naphtylamine. — F. Ullmann. Sels quaternaires de l'aminométhylnaphtacridine. — F. Kehrmann, P. Thomas et L. Schild. Constitution des colorants des groupes de l'oxazine et de la thiazine.

M. P. Crépieux expose les résultats de recherches qu'il a faites avec M. F. Reverdin sur la *chloruration de l'acétyl-α-naphtylamine* au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique. On obtient par ce procédé un mélange du dérivé dichloré 1.2.4 et du dérivé monochloré 1.4, ce dernier formant le produit principal.

MM. Crépieux et Reverdin ont constaté à cette occasion que la *chloronaphtylamine* 1.4, dont la constitution a été déterminée d'une manière certaine par plusieurs méthodes, fond à 98° et non à 85-86° comme l'a indiqué Atterberg, qui avait sans doute entre les mains un mélange. La dérivé acétylé de cette base fond à 186,5°.

M. F. Ullmann a préparé, en collaboration avec M. E. Naef l'iodométhylate de l'*acétaminométhylnaphtacridine.* Saponifié par l'acide chlorhydrique étendu, ce composé fournit facilement le chlorométhylate de l'*aminométhylnaphtacridine :*

Les solutions aqueuses de ces sels (jaunes pour les dérivés acétaminés, rouge orangé pour les dérivés aminés) ne sont précipitées ni par l'ammoniaque, ni par le carbonate de soude.

On obtient aussi très facilement, et avec un rendement théorique, des composés quaternaires des aminoacridines en

chauffant celles-ci, en vase ouvert et en solution dans le nitrobenzène, avec le sulfate neutre de métyle. L'action de cet éther se porte uniquement sur l'atome d'azote tertiaire :

CH_3 NH_2 N + $\frac{CH_3O}{CH_3O}>SO_2$ = CH_3 NH_2 N $CH_3O—SO_2—O$ CH_3

M. F. Kehrmann a poursuivi, avec MM. P. Thomas et L. Schild, l'étude de la constitution des colorants appartenant aux groupes de l'*oxazine* et de la *thiazine*[1].

Le dérivé diacétylé de la leuco-isothionine (I), soumis à une oxydation ménagée au moyen du chlorure ferrique, se convertit en chlorure de diacétaminophenazthionium (II) :

NHA NH NHA S I.　　NHA N NHA S Cl II.

Ce sel, soluble dans l'eau avec une coloration verte, est substitué par l'aniline dans le noyau non acétaminé, et cela en *para* par rapport à l'azote thiazinique. Il se forme un sel de la formule III. La base qui lui correspond est un anhydride interne (IV).

NHA N NHA S Cl NHC_6H_5 III.　　NHA N NHA S NC_6H_5 IV.

[1] *Archives*, VIII. 306.

En revanche, l'oxygène de l'air ou le chlorure ferrique en excès transforment le sel II dans la thiazone correspondante (V). Celle-ci se comporte vis-à-vis des éthers des radicaux alcooliques comme les aposafranones et les rosindones. Elle fournit des produits d'addition par rupture de la liaison existant entre l'oxygène et le soufre (VI).

NHA N NHA S O

V.

NHA N NHA S OCH_3 Cl

VI.

Ce dernier sel réagit avec l'aniline en régénèrant le corps IV.

Les composés *oxaziniques* fournissent exactement les mêmes réactions que les composés thiaziniques ci-dessus, en donnant naissance à des corps en tous points semblables, dans lesquels l'atome de soufre est remplacé par un atome d'oxygène.

Le parallélisme complet qui existe entre les réactions de ces deux classes de corps et celles des dérivés de l'azonium, prête un nouvel appui à l'hypothèse de l'existence d'un atome de soufre ou d'oxygène quadrivalent et basique dans leur molécule. A. P.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

JANVIER 1900

Le 1er, légère gelée blanche le matin; pluie à 7 h. du soir

2, pluie la nuit jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 du soir, brouillard à 1 h. et à 4 h. du soir.

3, pluie dans la nuit et tout le jour jusqu'à 7 h. du soir et depuis 10 h. du soir; brouillard le matin.

4, pluie la nuit, de 10 h. du matin à 4 h. du soir et depuis 10 h du soir; nouvelle neige sur le Salève.

5, pluie dans la nuit jusqu'à 10 h. du matin; brouillard depuis 7 h. du soir.

6, forte bise jusqu'à 10 h. du matin.

7, couronne lunaire pendant la soirée.

8, pluie à 4 h. du soir; halo et couronne lunaire.

9, quelques gouttes de pluie depuis 10 h. 40 m. du matin.

10, pluie dans la nuit; neige de 4 h. à 9 h. du soir, hauteur 3.5 cm.

11, neige dans la nuit, hauteur 1,0 cm.; forte bise à 10 h. du soir.

12, neige le matin, hauteur 1,5 cm.; très forte bise depuis 10 h. du matin.

13, fort vent à 7 h. du matin, et forte bise de 4 h. à 7 h. du soir.

14, brouillard depuis 9 h. du soir.

15, brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

16, neige dans la nuit, hauteur 0,5 cm.; pluie depuis 10 h. du matin; fort vent à 10 h. du matin et de 4 h. à 9 h. du soir.

17, pluie dans la nuit et de 10 h. du matin à 7 h. du soir; fort vent jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; couronne lunaire.

18, pluie la nuit jusqu'à 10 h. du matin

19, pluie et légère chute de neige la nuit; forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.

20, forte gelée blanche le matin; brouillard depuis 9 h. du soir.

22, légère pluie la nuit.

23, légère gelée blanche et brouillard bas le matin.

24, gelée blanche le matin; pluie depuis 4 h. du soir.

25, pluie dans la nuit, à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir; fort vent de 10 h. à 1 h. du soir.

26, légère gelée blanche le matin.

27, forte gelée blanche le matin; pluie et neige à 10 h. du matin; arc-en-ciel à 4 h. du soir.

28, neige dans la nuit; grésil à 9 h. 35 du soir.

29, neige de 10 h. du matin jusqu'à 7 h. du soir, haut: 4,8 cm.

30, neige à 1 h. et à 4 h. du soir; fort vent à 4 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 9cm,8.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 9 h. matin	730,14	Le 1er à 11 h. soir	725,80
4 à 4 h. matin	720,39	5 à minuit	716,78
8 à 10 h. soir	733,46	9 à 11 h. soir	730,17
16 à minuit	724,44	18 à 6 h. matin	718,20
20 à 11 h. matin	738,62	20 à 11 h. soir	735,72
26 à 5 h. matin	738,16	29 à 1 h. matin	706,51
29 à 11 h. soir	708,89	31 à minuit	714,87

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations	CÉLIGNY	COLLEX	CHAMBÉZY	SATIGNY	ATHENAZ	COMPESIÈRES
Observ. MM.	Ch. Pesson	J. Gottraux	L. Perrot	P. Pelletier	J.-J. Decor	Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	120.3	120.1	117.2	129.0	107.0	108.9

Stations	VEYRIER	GENÈVE	COLOGNY	PUPLINGE	JUSSY	HERMANCE
Observ. MM.	B. Babel	Observatoire	R. Gautier	A. Dunant	M. Micheli	C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	111.6	113.5	109.5	101.4	81.3	124.9

Durée totale de l'insolation à Jussy : 52h 20m.

GENÈVE. — JANVIER 1900.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm
1	728.06	+ 0.24	725.80	730.14	+ 6.01	+ 6.22	+ 2.4	+ 9.8	866	+ 1	740	1000	2.7	3	var.	1.3	0.82	0.6	...	.....	96.0
2	723.70	— 4.14	721.74	725.95	+ 5.54	+ 5.78	+ 4.8	+ 6.6	967	+102	930	1000	15.2	11	var.	1.5	1.00	...	6.7	+ 1.3	94.5
3	718.83	— 9.03	717.04	721.57	+ 7.26	+ 7.52	+ 4.5	+12.1	966	+101	920	1000	31.4	19	var.	4.2	1.00	...	6.7	+ 1.3	93.5
4	719.19	— 8.68	716.98	720.39	+ 4.15	+ 4.43	+ 2.6	+ 5.8	964	+ 99	920	1000	13.8	11	var.	0.8	1.00	...	6.8	+ 1.4	95.7
5	720.28	— 7.61	716.78	723.94	+ 3.62	+ 3.91	+ 1.7	+ 5.2	914	+ 49	860	950	8.5	9	var.	0.8	0.97	...	6.7	+ 1.4	103.5
6	726.66	— 1.24	724.14	727.80	+ 3.50	+ 3.81	+ 2.5	+ 4.5	799	— 66	740	850	...	..	NNE. 2	15.4	1.00	...	6.4	+ 1.1	105.0
7	724.67	— 3.24	722.76	726.72	+ 2.53	+ 2.85	+ 0.9	+ 4.6	789	— 76	720	930	...	..	var.	0.8	0.88	1.4	...	.....	102.0
8	730.75	+ 2.84	726.86	733.46	+ 2.45	+ 2.77	+ 0.4	+ 4.0	855	— 10	720	920	0.1	..	var.	3.6	0.98	...	6.0	+ 0.8	104.0
9	731.92	+ 4.00	730.17	733.29	+ 2.10	+ 2.42	0.0	+ 4.3	899	+ 35	820	970	...	..	calme	0.8	1.00	...	5.8	+ 0.7	103.5
10	730.18	+ 2.26	728.36	731.71	+ 2.06	+ 2.38	— 0.5	+ 5.0	779	— 85	520	980	4.4	5	var.	4.2	0.70	0.5	5.8	+ 0.7	103.5
11	730.40	+ 2.48	729.33	731.51	+ 0.79	+ 1.11	— 1.7	+ 4.2	752	—112	560	960	0.5	1	var.	6.3	0.92	1.2	5.8	+ 0.7	101.7
12	728.83	+ 0.91	726.80	730.98	— 0.45	— 0.14	— 1.6	+ 1.8	764	— 99	600	980	0.4	2	NNE. 4	30.3	0.80	3.2	5.6	+ 0.5	101.5
13	727.27	— 0.65	726.81	727.97	— 1.94	— 1.64	— 3.7	— 0.8	819	— 44	740	910	...	..	NNE. 2	19.8	1.00	...	4.2	— 0.8	101.5
14	725.92	— 1.99	725.30	727.17	— 3.06	— 2.77	— 4.7	— 1.0	849	— 13	800	870	...	..	N. 1	11.5	1.00	...	...	.....	101.0
15	725.53	— 2.37	724.42	726.49	— 3.21	— 2.94	— 5.6	— 1.4	840	— 22	700	940	...	..	var.	3.8	0.93	4.2	4.7	— 0.3	98.5
16	722.64	— 5.25	721.28	724.44	+ 3.84	+ 4.09	— 0.9	+ 9.1	813	— 48	700	900	8.8	13	SSW. 2	14.2	1.00	...	4.8	— 0.2	97.0
17	725.56	— 2.32	722.62	727.17	+ 9.66	+ 9.89	+ 8.1	+12.7	747	—114	700	800	3.4	5	SSW. 2	20.9	1.00	...	5.4	+ 0.5	97.0
18	724.65	— 3.22	718.20	729.90	+ 5.14	+ 5.34	+ 0.2	+10.5	773	— 87	490	880	8.5	8	var.	10.5	0.98	...	5.5	+ 0.6	98.3
19	733.76	+ 5.91	729.88	737.23	+ 1.69	+ 1.87	— 0.5	+ 5.1	775	— 84	540	880	0.2	..	var.	9.8	0.63	4.3	5.8	+ 0.9	104.5
20	737.43	+ 9.60	735.72	738.62	+ 0.35	+ 0.49	— 3.2	+ 6.0	809	— 49	630	900	...	..	calme	0.8	0.83	1.0	5.5	+ 0.6	102.7
21	735.10	+ 7.29	733.82	736.40	+ 3.99	+ 4.40	0.0	+12.1	759	— 99	530	930	...	..	calme	1.5	0.48	4.5	...	.....	103.0
22	733.21	+ 5.42	732.37	734.14	+ 6.21	+ 6.28	+ 1.3	+12.0	835	— 22	680	940	0.5	..	calme	1.0	0.90	1.3	5.9	+ 1.1	101.5
23	732.98	— 5.21	732.24	733.80	+ 6.47	+ 6.50	+ 2.9	+1.60	825	— 31	540	930	...	..	var.	2.7	0.52	3.3	6.0	+ 1.2	103.5
24	730.24	+ 2.50	728.49	732.11	+ 4.80	+ 4.79	+ 0.9	+ 9.4	902	+ 47	730	980	5.7	7	var.	5.2	0.80	...	5.8	+ 1.0	104.0
25	734.55	+ 6.84	728.67	737.33	+ 5.41	+ 5.35	+ 3.1	+ 8.9	751	—103	610	860	3.1	5	var.	11.5	1.00	1.4	6.0	+ 1.2	104.0
26	736.14	+ 8.46	732.17	738.16	+ 3.30	+ 3.20	— 0.1	+ 6.8	780	— 73	520	920	...	..	var.	3.3	0.22	7.7	6.0	+ 1.2	104.4
27	723.53	— 4.12	714.54	731.78	+ 1.74	+ 1.59	— 1.0	+ 4.3	836	— 15	740	920	1.9	3	SSW. 1	9.8	0.82	...	5.9	+ 1.1	102.7
28	709.41	—18.20	706.58	713.42	+ 1.55	+ 1.34	— 2.0	+ 5.0	773	— 77	570	950	2.4	2	var.	14.6	0.72	3.6	...	.....	105.5
29	707.72	—19.85	706.51	708.89	— 1.84	— 2.10	— 3.6	— 0.7	916	+ 67	880	950	2.0	2	var.	4.2	1.00	...	5.3	+ 0.5	104.5
30	711.24	—16.29	708.62	714.70	— 1.01	— 1.33	— 3.2	+ 2.0	867	+ 19	740	950	0.0	..	SSW. 1	8.3	1.00	...	5.2	+ 0.4	103.5
31	718.26	— 9.23	714.87	719.70	+ 0.30	— 0.08	— 3.8	+ 5.2	838	— 8	620	960	...	..	var.	6.3	0.47	5.3	5.0	+ 0.2	100.5
Mois	726.08	— 1.29			+ 2.68	+ 2.76			833	— 24						7.41	0.85		5.74	+0.63	101.35

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	725,32	725,38	725,39	725,96	725,29	725,24	725,27	725,54
2e »	27,73	27,69	27,74	28,66	28,32	28,39	28,61	28,46
3e »	24,89	24,81	25,25	25,50	24,75	24,38	24,48	24,04
Mois	25,94	25,92	26,10	26,67	26,08	25,95	26,06	25,95

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 3,75	+ 3,60	+ 3,30	+ 3,90	+ 5,16	+ 4,69	+ 3,79	+ 3,19
2e »	+ 1,09	+ 0,66	+ 0,04	+ 0,59	+ 2,25	+ 2,47	+ 1,82	+ 1,32
3e »	+ 1,60	+ 1,62	+ 1,26	+ 3,00	+ 5,87	+ 4,65	+ 2,81	+ 1,68
Mois	+ 2,13	+ 1,95	+ 1,53	+ 2,51	+ 4,47	+ 3,96	+ 2,81	+ 2,05

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s
1re décade	924	896	879	878	809	837	880	935
2e »	768	847	903	854	762	698	739	781
3e »	881	876	887	787	705	730	845	894
Mois	858	873	890	838	757	754	822	871

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 1,93	+ 6,19	6,36	0,93	2,5	3,34	76,1	100,12
2e »	— 1,36	+ 4,62	5,26	0,91	15,9	12,79	21,8	100,37
3e »	— 0,50	+ 7,36	5,68	0,72	29,1	6,22	15,6	103,37
Mois	+ 0,01	+ 6,10	5,74	0,85	47,5	7,41	113,5	101,35

Dans ce mois l'air a été calme 32,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 1,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 39,3° E. et son intensité est égale à 8,3 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1900.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin et de 1 h. à 7 h. du soir; neige à 10 h. du soir; très fort vent depuis 4 h. du soir.

2, fort vent à 7 h. du matin; neige à 10 h. du matin et brouillard depuis 1 h. du soir.

3, brouillard pendant tout le jour; neige dans la nuit; fort vent à 10 h. du matin.

4, neige dans la nuit; brouillard à 1 h. et depuis 7 h. du soir.

5, neige à 7 h. du matin; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

6, neige dans la nuit; brouillard à 7 h. du matin.

7, neige dans la nuit et à 1 h. du soir; très fort vent à 7 h. du matin; brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir.

8, neige dans la nuit; très forte bise et brouillard pendant tout le jour.

9, neige dans la nuit; très forte bise pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.

10, très forte bise pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 1 h. du soir et à 10 h. du soir; neige à 4 h. du soir.

11, très forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. et neige à 10 h. du matin.

12, très forte bise pendant tout le jour; brouillard depuis 4 h. du soir.

16, neige à 10 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du soir.

18, très forte bise depuis 10 h. du matin; neige jusqu'à 1 h. du soir et brouillard depuis 4 h. du soir.

19, très forte bise pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 4 h. du soir.

21, forte bise à 7 h. du matin.

22, forte bise depuis 10 h. du matin; neige à 10 h. du matin; brouillard depuis 4 h. du soir.

23, neige depuis 7 h. du soir.

24, brouillard à 7 h. du matin, à 1 h. et à 7 h. du soir; neige à 10 h. du matin, à 4 h. et à 10 h. du soir; très forte bise depuis 4 h. du soir.

25, brouillard à 7 h. du matin, à 1 h. et à 7 h. du soir; neige à 10 h. du matin, à 4 h. et à 10 h. du soir; très forte bise depuis 4 h. du soir.

26, forte bise à 7 h. du matin; brouillard jusqu'à 10 h. du matin.

27, neige à 4 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.

28, neige jusqu'à 10 h. du matin; forte bise à 10 h. du matin; brouillard à 7 h. du soir.

29, brouillard depuis 7 h. du soir; forte bise à 10 h. du soir.

30, brouillard à 7 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 10 h. matin	568,43	Le 1er à 7 h. soir	565.98
4 à minuit	558,00	5 à minuit	553.30
9 à 10 h. matin	563,60	9 à 4 h. soir	563.05
14 à minuit	557,80	10 à 11 h. soir	558.90
20 à 11 h. matin	570 26	11 à minuit	559.00
25 à 11 h. soir	565,80	14 à 1 h. soir	556,56
26 à 7 h. matin	568.19	21 à 7 h. matin	568.41
29 à 11 h. soir	542,50	24 à 10 h. soir	563.88
31 à minuit	555.20	26 à 11 h. soir	565.90
		29 à 1 h. soir	541.56

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	cm	mm				
1	567.28	+ 5 92	565 98	568,43	— 4.60	+ 2.01	— 5,8	— 2.3	13,5	8,0	....	NE.	2	0.93
2	564.77	+ 3.44	563 40	566,00	— 3,20	+ 5.44	— 4,3	+ 0,6	.....	.....	....	SW.	1	0,98
3	559.54	— 1.77	557.50	563.20	— 3.10	+ 5 57	— 4,8	— 1,1	10,0	13,7	....	SW.	1	1.00
4	556.21	— 5.08	553 80	558.00	— 5,05	+ 3 65	— 7.2	— 2.5	6,4	7,0	....	SW.	1	0.70
5	555.49	— 5,78	553,30	559,00	— 7.47	+ 1.26	—11,3	— 1 3	12,0	11,0	....	NE.	1	0,57
6	561.24	— 0,01	559,00	562.50	— 8.15	+ 0,62	— 9,8	— 6,8	3,0	2,2	....	SW.	1	0.28
7	559.96	— 1,27	558 70	562.10	— 5 70	+ 3.10	— 8,0	— 4,3	11,0	14,0	....	SW.	1	0 83
8	561.48	+ 0 27	559.60	563.17	—10.47	— 1,64	—12,8	— 9,3	7,0	6,0	....	NE.	2	1.00
9	563.22	+ 2.04	563 05	563.60	— 9,64	— 0.79	—12.0	— 8,3	7,0	6,2	....	NE.	2	0,87
10	560 78	— 0.37	558 90	562,90	—12 30	— 3.43	—15 3	— 6.3	14,0	12.0	....	NE.	2	0,97
11	559.44	— 1.68	559.00	559,75	—14,30	— 5,41	—17,0	— 7,3	8,0	6,0	....	NE.	3	0,57
12	557,55	— 3,55	556,85	559,60	—17,35	— 8.44	—21,0	—12.8	.....	.....	....	NE.	3	0,67
13	557,75	— 3,32	556,70	558,41	—12,00	— 3,07	—2.08	— 6,3	.....	.....	....	NE.	1	0.05
14	557,14	— 3 90	556,56	557,80	—12.40	— 3.45	—17,2	—10,8	.....	.....	....	NE.	1	0,02
15	558 11	— 2.90	557,40	558 90	— 9.70	— 0,73	—12.8	— 6,6	3,0	2,5	....	NE.	1	0 02
16	558,61	— 2.37	558 12	560.70	— 4,95	+ 4.04	—10.0	— 2.7	21,0	25,0	....	var.		0.93
17	562.20	+ 1,25	561 00	563.40	— 3,40	+ 5,61	— 5,7	+ 0,4	4,0	5,0	....	NE.	1	0.60
18	558,06	— 2.86	556,80	561,00	—11.17	— 2 15	—16,3	— 1.1	22,0	19,0	....	NE.	3	1,00
19	562,95	+ 2,06	558,40	567,70	—13.17	— 4,14	—16 2	— 8,8	.....	.....	....	NE.	2	0,67
20	569.48	+ 8.62	567,70	570,26	— 3,70	+ 5,34	—11,2	— 0,3	.....	.....	....	NE.	1	0,07
21	568 63	+ 7,81	568,41	569.20	— 4,70	+ 4,35	— 7.6	— 2.2	4,5	6,5	....	NE.	1	0.07
22	566.70	+ 5,91	565,90	568,20	— 5,04	+ 4,02	— 8.3	— 3.3	.....	.....	....	NE.	2	0,95
23	568 16	+ 7,40	566,30	569,38	— 1,79	+ 7,28	— 5,0	+ 3,5	.....	.....	....	NE.	1	0.15
24	566 46	+ 5 73	563,88	568.80	— 1,37	+ 7,70	— 3,4	+ 4.1	24,0	19,0	....	NE.	1	0,52
25	564.76	+ 4 07	563.90	565.80	—10.54	— 1,46	—13,3	— 2.3	5,0	6,0	....	NE.	2	1,00
26	567.08	+ 6,43	565,90	568,19	— 8,64	+ 0.44	—13,3	— 5,1	.....	.....	....	NE.	1	0,33
27	557.82	— 2,79	550,00	565,00	— 8,89	+ 0.19	—14,6	— 3.5	11,0	9,3	....	NE.	1	0 70
28	544,32	—15 25	542,00	549.00	—13,69	— 4,61	—17,3	— 8.8	3,0	3,5	....	NE.	1	0,72
29	541.94	—18 60	541 56	542.50	—16,29	— 7,21	—20,3	—14,3	3,0	5,0	....	NE.	1	0,88
30	545.36	—15,15	542,70	548 30	—16 15	— 7,08	—20.8	—14,3	.....	.....	....	NE.	1	0,23
31	552,02	— 8,46	548 50	555,20	—12.90	— 3,83	—19,0	— 9,3	.....	.....	....	NE.	1	0,02
Mois	559,82	— 0,67			— 8,77	— 0 27								0,59

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — JANVIER 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	561,41	561,18	560,95	561,39	560,88	560,80	560,61	560,76
2e » ...	559,66	559,72	559,72	560,26	559,99	560,35	560,62	560,71
3e » ...	559,01	558,83	558,66	558,77	558,30	558,12	558,17	557,96
Mois	559,99	559,87	559,74	560,10	559,68	559,71	559,75	559,75

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 6,89	— 6,86	— 6,36	— 6,92	— 6,98	— 7,06
2e » ...	— 10,76	— 9,75	— 9,02	— 10,47	— 10,55	— 10,00
3e » ...	— 9,32	— 8,99	— 7,85	— 8,25	— 9,52	— 9,85
Mois	— 9,00	— 8,55	— 7,75	— 8,54	— 9,03	— 9,00

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 9,13	— 4,16	0,81	80,1	83,9
2e » ...	— 14,82	— 5,63	0,46	57,5	58,0
3e » ...	— 12,99	— 5,05	0,51	49,3	51,0
Mois	— 12,34	— 4,95	0,59	186,9	192,9

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 4,4 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 89,2 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1898

RÉSUMÉ

PAR

R. GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève

Lt-Colonel du Génie.

I. Introduction.

Il existe une installation météorologique aux forts de St-Maurice depuis l'année 1895. Les bureaux de tir des forts de Savatan et de Dailly sont pourvus de baromètres qui étaient observés régulièrement, trois fois par jour, à 6 ou à 7 heures du matin, à midi et à 6 heures du soir; des observations se faisaient aussi aux mêmes heures à des thermomètres placés à l'extérieur, près des bureaux de tir. J'ai été informé de l'existence de cette organisation météorologique, au mois de mai 1896, par M. Albert Brun, licencié ès sciences, major d'artillerie, alors en service aux fortifications, mais ce n'est qu'en septembre 1897 que j'ai pu visiter les forts à ce point de vue.

J'ai rencontré auprès de M. le lieutenant-colonel Dietler, chef du bureau des fortifications, les dispositions les plus obligeantes pour transformer le service

météorologique, alors en usage aux forts de Savatan et de Dailly, de manière à le faire concorder avec le système adopté dans le réseau des stations météorologiques suisses. Puis, M. le lieutenant-colonel Dietler a bien voulu consentir à ajouter aux observations régulières de la *température* et de la *pression atmosphérique* celle de la *nébulosité* et surtout celle de la *pluie*.

J'avais, en effet, été frappé de l'avantage que présentent les fortifications de St-Maurice pour l'étude de la distribution de la pluie en hauteur. Sur un espace qui dépasse à peine en surface un kilomètre carré, il était possible d'établir *quatre stations pluviométriques* à des altitudes différentes; les plus éloignées sont à une distance horizontale de un kilomètre et demi seulement, et la différence d'altitude entre la plus basse et la plus élevée est de plus de mille mètres. De plus, St-Maurice est situé à un point très intéressant de la vallée du Rhône, près de la limite entre la région plutôt humide qui avoisine le lac de Genève et la région sèche qui comprend le Valais moyen, de Martigny à Brigue. Enfin il y avait utilité à multiplier les observations de la pluie dans une vallée aussi intéressante que celle du Rhône au point de vue des précipitations et qui, malgré la création récente de quelques nouvelles stations pluviométriques, n'est pas encore fournie d'un nombre suffisant de pluviomètres.

Je suis retourné aux forts de St-Maurice vers la fin du mois de novembre 1897 pour organiser définitivement les observations et donner les instructions nécessaires aux observateurs. Les observations ont commencé avec le mois de décembre 1897 et m'ont été régulièrement communiquées depuis lors, mois après mois, par le bureau des fortifications.

Je suis heureux de profiter de cette occasion pour adresser à M. le lieutenant-colonel Dietler l'expression de ma reconnaissance pour l'obligeance avec laquelle il a bien voulu satisfaire à toutes mes demandes dans l'organisation de ses stations météorologiques et dans celle du service des observations.

Stations.

Elles sont au nombre de quatre : La plus basse, *Lavey-Village*, est une station purement pluviométrique. A la rigueur elle aurait pu être supprimée, car il existe un pluviomètre ancien modèle près du pont de St-Maurice à une altitude un peu inférieure, à 420 mètres environ. Mais j'ai préféré installer à Lavey même, dans le jardin du bureau des fortifications, à une hauteur de 440 mètres, un pluviomètre placé sous le contrôle de la même autorité que les autres, et où j'étais assuré que les observations se feraient avec une régularité et une précision militaires.

Les deux stations suivantes sont aux forts de *Savatan* et de *Dailly*. Elles fournissent trois fois par jour, aux heures adoptées dans tout le réseau suisse, les observations de la température, de la pression atmosphérique et de la nébulosité. En temps local (ancienne heure de Berne), les observations se font à 7 heures du matin, 1 et 9 heures du soir. Cela correspond, en temps moyen de l'Europe centrale, à 7 heures et demie, 1 heure et demie et 9 heures et demie. Mais, dans les notations, j'ai partout conservé l'heure locale. L'ensemble des instruments est situé à une altitude de 675 mètres environ à Savatan et de 1240 mètres à Dailly; le détail sera donné plus loin pour chaque instrument. Les altitudes résultent du nivellement fait

pour la carte détaillée des forts: j'ai seulement réduit les hauteurs, en prenant comme altitude du repère de la pierre du Niton dans le port de Genève, zéro de toutes les hauteurs suisses, la valeur actuellement la plus probable : 373,54 mètres [1].

La station la plus élevée se trouve à proximité immédiate du sommet de la montagne, *l'Aiguille*, à une hauteur de 1460 mètres. C'est seulement une station pluviométrique. Comme on le verra plus loin, elle n'a pas répondu à mon attente, probablement à cause du vent qui règne à cette hauteur et qui empêche le pluviomètre de récolter toute l'eau qui tombe, surtout celle qui tombe sous forme de neige.

Aux quatre stations, la pluie et la neige sont mesurées une fois par jour, à 7 heures du matin. La quantité d'eau recueillie à cette heure compte pour la veille.

Le *service des observations* est assuré par les sous-officiers de la garnison des forts. Ce ne sont pas toujours les mêmes observateurs qui fonctionnent, mais ils ont tous été instruits de la même façon. Quant à la surveillance, elle a été exercée durant l'année 1898 : à Savatan par M. le capitaine Chessex et M. le premier lieutenant Guibert, à Dailly et à l'Aiguille par MM. les premiers lieutenants Mouthe et Kunz. A Lavey, les observateurs sont sous la surveillance de MM. les officiers du bureau. Je profite aussi de cette occasion pour remercier ces messieurs, officiers et observateurs, pour la peine qu'ils ont prise et la régularité du service. Il y a eu naturellement quelque expérience à acquérir, comme au début de toute

[1] Nivellement de précision de la Suisse (neuvième livraison), p. 655.

installation de ce genre, mais, grâce à un concours de bonnes volontés, l'ensemble a bien marché et les résultats valent certainement la peine d'être publiés.

Instruments.

1° *Baromètres.* Les baromètres des bureaux de tir de Savatan et de Dailly sont de bons instruments à large cuvette sortis des ateliers de MM. Pfister et Streit à Berne. Je les ai vérifiés une première fois, le 25 novembre 1897, par comparaison avec le baromètre de voyage (Fastré) de l'observatoire de Genève; par quelques lectures, j'avais trouvé des corrections minimes de + 0mm.8 pour le baromètre de Savatan et de + 0mm.1 pour celui de Dailly.

Une comparaison beaucoup plus complète a été effectuée un an après, le 4 novembre 1898. J'ai fait des séries de 20 lectures à chaque station, en employant toujours le même baromètre de Fastré comme terme de comparaison. Puis, au moyen des observations faites à Genève avant et après ces comparaisons, j'ai déterminé les corrections définitives des deux baromètres de Savatan et de Dailly, en tenant compte de celle du baromètre normal de l'observatoire (Noblet). J'ai obtenu ainsi les chiffres suivants, non compris les corrections d'altitude et de latitude, auxquels je joins l'indication des altitudes :

Station	Savatan	Dailly
Correction du baromètre	+ 0mm.87	+ 0mm.21
Altitude du zéro du baromètre	671m.5	1236.m3

Les *thermomètres des deux baromètres* ont été vérifiés par la même occasion. Ils marquent tous deux 1° trop haut. Leur correction est donc de — 1°.0 et il en a été tenu compte dans la réduction à zéro de toutes les hauteurs barométriques observées.

Les deux forts sont également munis de baromètres enregistreurs de Pfister et Streit, de modèle semblable à ceux de Richard. Leurs indications nous ont été souvent utiles dans des cas douteux.

2° *Thermomètres.* Les thermomètres normaux des deux stations sont de bons instruments de Buchi à Berne, gradués de 0°.2 en 0°.2. Jusqu'à la fin du mois de décembre 1897, ils étaient placés dans de petites cages métalliques près de l'entrée des bureaux de tir. Cette exposition n'était pas suffisamment découverte, les instruments étaient trop à l'ombre et trop enterrés, surtout à Dailly.

Sur ma demande, M. le lieutenant-colonel Dietler a fait construire, pour les deux stations, des cages doubles à jalousies, sur le modèle des cages de l'observatoire de Genève. Les différents thermomètres y ont été installés le 1er janvier 1898. Ces thermomètres sont, pour chaque station :

1° le thermomètre normal de Buchi, le même qu'auparavant ;

2° un thermomètre à minimum de Tonnelot, système Rutherford, fourni par l'observatoire de Genève;

3° un thermomètre à maximum et minimum servant pour le maximum seulement, de Buchi, qui est venu très vite remplacer un thermomètre à maximum de Tonnelot (système Negretti) cassé par le vent;

4° un thermographe enregistreur de Pfister et Streit à lame bimétallique, qui, malheureusement, supporte mal les intempéries et ne donne pas de bons diagrammes.

Les cages ont été placées dans des endroits bien découverts : à Savatan, sur une éminence au nord de l'esplanade, et à Dailly, au bord même de l'esplanade en plein

midi. Voici quelques indications sur les corrections des thermomètres, leur hauteur au-dessus du sol et l'altitude approximative des stations thermométriques :

Station	Savatan	Dailly
Correction du thermomètre normal	— 0°.2	0°.0
» à minimum	0°.0	0°.0
» à maximum	0°.0	0°.0
Hauteur de la boule du thermomètre au-dessus du sol	1m.64	1m.80
Altitude	679m	1242m

La correction du thermomètre normal de Buchi à Savatan concerne l'instrument qui a été en fonctions durant presque toute l'année 1898. Celui qui servait au commencement de l'année a été cassé au mois de janvier et avait une correction nulle. Il a été remplacé pendant le mois de février par un thermomètre ordinaire à échelle gravée sur bois, dont la correction était également 0°.0;

3° *Pluviomètres.* Ces instruments proviennent de la fabrique Usteri-Reinacher à Zurich. Ils sont cylindriques, du modèle actuellement usité en Suisse, présentant une ouverture de 200 cm.^{2}, ce qui correspond à un diamètre de presque 16 cm. Les pluviomètres de Savatan et de Dailly ont été fournis par le bureau météorologique central de Zurich, ceux de Lavey et de l'Aiguille par l'observatoire de Genève.

La hauteur au-dessus du sol de la surface supérieure de l'instrument et l'altitude au-dessus du niveau de la mer sont fournies, pour les quatre stations, par le petit tableau suivant :

Station	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Hauteur au-dessus du sol	1m.54	1m.75	1m.67	1m.54
Altitude	440m	700m	1242m	1462m

Le pluviomètre de Lavey est placé dans le jardin situé au sud du bureau des fortifications dans un excellent emplacement.

Celui de Savatan était placé à proximité d'un baraquement, dans un endroit trop exposé au vent. Il a été déplacé le 1er décembre 1898 et transporté sur la place d'exercice à une altitude un peu inférieure, 671m, mais dans un endroit plus abrité.

Celui de Dailly était placé à côté de la cage des thermomètres. Cet emplacement était aussi trop exposé au vent et, après cette première année d'essai, il a été également transporté à une petite distance du premier emplacement, à une altitude de 1244m.

Celui de l'Aiguille est placé au revers septentrional du sommet dans un endroit relativement abrité, mais pas assez abrité cependant. On ne l'a pas encore déplacé car il est difficile de trouver un autre emplacement favorable.

Pour la détermination des hauteurs de chutes de neige, les mesures ont été, aux quatre stations, prises dans des emplacements plus abrités. C'est tout spécialement le cas à l'Aiguille, où les hauteurs de neige ne correspondent guère aux hauteurs d'eau correspondantes. Le point où ces mesures se faisaient est situé sur le versant S-E. de la montagne, près du sommet, à une altitude un peu inférieure, 1446m.

Aux résultats fournis par l'observation de ces divers instruments, s'ajoutent encore, pour les deux stations de Savatan et de Dailly, l'observation de la *nébulosité* estimée à l'œil par l'observateur, en chiffrant par 0 un ciel entièrement clair, par 10 un ciel entièrement couvert. A noter qu'à Dailly l'horizon est assez découvert, sauf au N. et au N-E. Mais à Savatan l'horizon est très restreint par

le groupe de la Dent du Midi au S. et surtout par le rocher de Dailly au N-E.

Publication des observations.

Cette publication a été retardée pour diverses raisons. J'ai d'abord voulu attendre de disposer d'une année entière d'observations ; puis le temps m'a manqué pour procéder au travail de réduction des nombreuses feuilles d'observation. Vers la fin de l'année 1898, j'ai trouvé dans la personne de mon ami, M. G. Cellérier, ancien astronome de l'observatoire, un collaborateur précieux qui m'a déchargé du travail de réduction des observations thermométriques et barométriques et du calcul des moyennes pour chaque jour, chaque décade et chaque mois de cette première année.

Il fallait aussi trouver la meilleure manière de mettre en valeur toutes les observations recueillies. Je désirais d'une part rattacher ces nouvelles stations aux stations du réseau météorologique suisse, puisque les observations se faisaient aux mêmes heures. Et d'autre part, je ne voulais pas traiter ces observations d'une manière trop différente de celles de Genève et du Grand St-Bernard. Enfin je n'ai pas voulu publier *tous* les chiffres obtenus, mais restreindre les tableaux au strict nécessaire; j'ai surtout cherché à juxtaposer les valeurs obtenues aux diverses stations, de manière à faire ressortir les résultats comparatifs des stations situées à des altitudes différentes.

Comme les tableaux mensuels n'ont pas été publiés au fur et à mesure, la présente publication comporte deux parties distinctes : les tableaux des *observations mensuelles* et le *résumé annuel*.

II. Observations mensuelles.

Une *première série de tableaux* fournit les valeurs moyennes diurnes des différents éléments météorologiques. Ces tableaux, un pour chaque mois, comprennent : 1° Pour les deux stations de Savatan et de Dailly, les valeurs moyennes de la *pression atmosphérique*, de la *température* et de la *nébulosité;* 2° Pour les quatre stations, le relevé exact des hauteurs d'eau récoltées en millimètres et des hauteurs de neige fraîche en centimètres.

Les hauteurs barométriques publiées sont les moyennes arithmétiques des trois hauteurs diurnes observées, réduites à zéro, en tenant compte de la correction des baromètres. Les températures sont les moyennes arithmétiques des trois températures diurnes. Nous avons trouvé superflu de publier le détail de toutes les températures minimum et maximum. Enfin la nébulosité moyenne est également la moyenne arithmétique des trois observations de la journée.

Une *deuxième série de tableaux* fournit, comme pour Genève et le Grand St-Bernard, le détail des observations aux différentes heures de la journée, mais groupées par décades, de manière à donner, dans la mesure du possible, l'image de la variation diurne moyenne des deux éléments les plus importants : la pression atmosphérique et la température. Nous y avons joint les valeurs moyennes des températures minimum et maximum par décades. Chaque mois a trois décades dont la dernière comporte souvent 11 jours, et seulement 8 jours en février.

De même que pour Genève et le Grand St-Bernard, j'ai pris comme période annuelle, l'*année météorologique*

commençant avec décembre 1897 et finissant avec novembre 1898. Les tableaux mensuels ne comprennent donc pas le mois de décembre 1898.

Remarque I. Au mois de décembre 1897, les thermomètres étaient encore situés, aux deux stations, dans leurs anciens emplacements. J'ai néanmoins publié les valeurs moyennes des températures des jours, décades et mois, afin de ne pas perdre complètement ce mois pour les moyennes annuelles. Mais, pour marquer cette non homogénéité, j'ai mis tous les chiffres *entre parenthèses*. Au reste, pour Savatan, les résultats doivent être assez concordants. Pour Dailly, les valeurs de la température mesurées dans l'ancien emplacement doivent être trop basses et l'amplitude diurne est trop faible.

Remarque II. Le thermomètre normal de Savatan a été cassé le 23 janvier. Les températures moyennes diurnes manquent donc pour la fin du mois. Les températures moyennes des différentes heures, pour la troisième décade, ont été obtenues par interpolation entre les décades précédentes et les suivantes, en tenant compte des données fournies par les thermomètres à minimum et à maximum. Elles figurent aussi entre parenthèses dans la deuxième série de tableaux. On a pu déterminer cependant, avec une approximation suffisante, la température moyenne de ce mois de janvier.

Mois de Décembre 1897.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et Neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	696.8	650.9	(-0.2)	(-0.9)	9.3	....	3.8	2	3.7	3	3.6	5	3.0	6
2	697.3	650.0	(+1.9)	(-2.0)	3.3	....	....	....	0.2	....	0.6	1	0.9	2
3	696.3	648.3	(-0.3)	(-2.0)	9.3	....	....	....	....	....	0.1	....	0.1	....
4	699.9	652.6	(+0.6)	(-2.2)	9.3	10.0	....	....	....	....	0.1	....	....	....
5	700.0	651.6	(-0.3)	(-3.0)	8.3	8.3	....	....	....	....	....	....	0.4	1
6	705.3	656.7	(-0.2)	(-2.5)	10.0	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	709.4	661.0	(+0.2)	(-1.2)	9.3	0.3	8.0	....	7.8	....	6.5	1	3.6	22
8	701.4	654.3	(1.0)	(+0.5)	9.3	8.7	9.8	....	8.6	12	0.7	12	2.2	13
9	695.2	649.0	(2.9)	(-0.8)	10.0	10.0	7.1	....	7.1	....	4.0	....	3.0	8
10	697.8	650.2	(0.3)	(-2.3)	9.3	9.0	1.8	....	3.3	....	2.0	2	0.8	1
11	698.6	651.3	(2.0)	(0.0)	10.0	9.7	....	....	....	....	....	....	0.1	....
12	705.0	657.8	(3.4)	(+0.7)	8.3	8.3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	704.7	658.0	(6.9)	(1.7)	2.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
14	701.8	655.1	(9.1)	(1.7)	5.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
15	705.9	659.2	(9.2)	(2.2)	5.7	6.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	711.0	663.2	(6.5)	(2.5)	1.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
17	712.9	665.4	(4.2)	(3.0)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	712.4	664.9	(2.3)	(3.0)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	709.2	661.8	(+2.0)	(+2.6)	2.0	0.0	....	....	....	....	....	....	0.1	....
20	707.7	659.2	(-1.8)	(-0.2)	9.3	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
21	709.2	660.2	(-2.7)	(-3.3)	10.0	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	712.7	663.3	(-2.7)	(-4.1)	9.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	713.0	664.0	(-2.9)	(-2.7)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	711.0	661.6	(-3.4)	(-2.0)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	711.4	661.6	(-2.3)	(-1.5)	2.3	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	714.7	666.2	(-1.7)	(-0.7)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	713.2	666.0	(+0.6)	(+0.3)	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	712.2	663.7	(1.2)	(0.9)	0.3	2.7	....	....	....	....	....	....	....	....
29	710.0	662.5	(4.3)	(0.7)	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	699.8	653.5	(7.9)	(2.7)	6.3	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
31	694.2	648.3	(+5.9)	(+3.7)	8.0	4.7	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.48	657.79	(+1.8)	(-0.2)	5.5	4.1	30.5	2	30.7	15	17.6	21	16.2	53

MOIS DE JANVIER 18[illegible].

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nebulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	690.4	645.2	+10.0	+5.8	5.0	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
2	701.9	654.3	4.5	1.3	9.3	7.7	....	....	....	....	....	....	0.2	....
3	710 9	663.3	2.8	2.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	713.9	665.8	2.6	4.4	0.0	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	710.1	663.4	4.9	7.5	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.7	661.6	8.4	10.0	4.3	5.0	0.5	....	0.4	....	0.8	....	1.4	....
7	705.9	658.3	4.8	4.0	7.3	7.0	5.4	....	5.0	....	5.3	....	4.7	...
8	704.1	656.9	3.5	5.6	1.3	5.7	0.1	....	....	....	....	....	....	....
9	702.1	655.3	2.7	5.5	9.7	5.0	....	....	....	....	....	....	...	....
10	707.4	660.6	2.8	5.2	5.7	4.7	....	....	....	....	....	....	....	,...
11	712.9	665.3	3.6	3.4	0.3	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	716.5	668.0	+1.2	3.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	715.3	667.0	-0.9	4.3	6.3	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	714.6	666.8	-0.1	5.8	4.3	2.7	....	....	....	....	....	....	....	....
15	715.1	667.6	-1.8	5.8	3.3	6.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	716.5	667.9	-1.2	6.3	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	715 2	667.2	-2.6	3.9	0.0	0.0	....	....	....	...	....	....	....	...
18	715.3	667.0	-1.9	2.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	716 0	667.0	-1.3	2.6	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	714.7	666.7	-1.6	2.4	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	714.7	666.0	-3.8	2.1	0.0	0.0	...	....	....	....	....	...	....	....
22	714.2	665.8	-2.4	4.3	0.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	713.7	666.2	.....	2.9	0.0	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	712.8	665.1	.....	2.6	7.3	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	711.2	663.9	.....	2.0	0.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	712 3	664.2	.....	1.8	1.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	713 5	665.4	.....	10.9	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	715.6	667.2	.....	0.0	0.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	718 9	670.3	.....	13.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	718.5	670.3	....	7.1	4.7	4.7	...	....	....	....	....	....	....	....
31	714.5	666.3	.....	14.2	10.0	9 3	0.1	....	....	....	....	....	....	....
Mois	711.82	664.07		+4.01	2.7	2.4	6.1	....	5.4	....	6.1	...	6.3	....

Mois de Février 1898.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	714.0	666.2	+4.4	+3.2	10.0	7.0	....	....	0.3	....	0.8	....	1.1	....
2	706.4	659.2	+4.8	+6.5	8.7	8.0	11.0	1	16.4	7	4.2	17	0.6	11
3	703.0	655.0	-1.5	-4.7	10.0	10.0	10.7	11	13.0	11	7.4	6	3.0	13
4	687.4	641.3	+0.5	-0.5	10.0	10.0	28.3	3	26.6	2	15.2	13	2.0	18
5	692.1	645.2	-3.5	-6.5	9.7	10.0	6.0	15	5.3	10	4.3	10	0.5	14
6	705.2	656.1	-4.0	-7.3	3.3	3.3	3.0	3	2.8	4	5.1	8	5.3	10
7	702.5	654.6	-1.9	-2.0	10.0	10.0	7.0	2	8.6	5	2.0	6	1.3	....
8	706.4	657.7	-1.9	-5.4	9.0	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
9	707.1	658.6	-1.5	-4.1	10.0	10.0	4.9	6	5.7	5	3.2	7	0.5	....
10	710.6	661.7	-2.2	-5.1	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	711.3	662.3	-3.2	-3.2	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	711.1	662.8	-1.2	-2.6	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	710.8	662.8	+0.7	+0.8	0.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	711.9	663.5	0.7	-1.0	10.0	10.0	0.3	....	0.1	....	0.4	2	0.2	....
15	714.5	666.5	2.9	+0.4	6.7	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
16	711.0	663.2	2.7	+3.0	6.0	4.3	0.3	....	0.4	....	0.5	....	....	....
17	705.4	657.9	3.3	-0.4	10.0	9.7	....	....	....	....	....	....	....	....
18	698.6	651.4	1.7	+0.9	10.0	10.0	4.6	....	4.5	....	3.0	3	2.1	3
19	696.2	648.8	0.7	-2.0	9.7	7.3	2.0	....	2.8	....	3.5	4	....	....
20	694.2	648.4	0.6	-2.2	3.7	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....
21	690.4	643.9	3.3	+0.5	1.7	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	688.8	642.6	2.7	-0.6	8.3	9.0	9.6	3	9.2	10	4.9	14	16.0	15
23	693.2	646.2	1.1	-2.5	5.3	8.7	....	....	....	....	....	....	....	....
24	699.6	651.8	1.4	-2.3	4.3	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	705.4	657.5	0.4	-3.6	1.3	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	706.0	658.2	0.8	-0.6	2.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
27	706.1	658.3	+2.5	-0.9	1.7	2.0	0.6	....	0.7	....	0.2	1	0.7	2
28	705.7	658.1	0.0	-1.6	8.0	9.7	1.6	....	2.1	....	0.1	....	0.2	....
Mois	703.39	655.71	+0.52	-1.56	6.1	5.8	89.9	44	98.5	54	54.8	91	33.5	86

Mois de Mars 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	705.0	657.4	+2.5	-0.3	9.7	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
2	701.0	653.6	2.1	-1.5	10.0	10.0	10.6	1	10.0	....	7.0	9	2.7	21
3	699.8	652.3	0.5	-3.4	5.3	5.3	0.2	....	0.2	....	0.2	3	0.2	....
4	694.9	648.1	+3.3	-1.3	10.0	8.0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	693.9	646.5	0.0	-3.2	10.0	8.0	4.3	5	5.3	3	9.3	14	2.9	17
6	695.3	647.6	-2.3	-6.5	10.0	6.7	2.8	1	3.3	1	2.1	4	1.4	22
7	691.0	644.2	-1.1	-4.1	10.0	10.0	1.9	1	3.4	1	2.9	5	4.2	20
8	694.2	647.1	+0.9	+0.3	8.0	8.0	0.1	....	0.2	....	0.1	....	1.6	....
9	701.0	653.5	1.0	4.5	10.0	3.3	0.4	....	0.3	....	....	....	....	....
10	701.3	653.6	1.3	+2.6	10.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	699.3	651.9	1.5	-2.0	10.0	10.0	....	....	....	....	....	....	0.1	....
12	699.0	651.8	2.3	-0.7	5.3	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	702.2	655.0	2.7	+1.5	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	704.3	656.9	4.8	1.3	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	705.4	658.0	6.1	2.5	3.7	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
16	706.2	659.0	6.1	1.9	6.7	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
17	706.4	658.9	7.5	2.7	7.0	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
18	706.5	659.9	7.7	4.3	7.0	9.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	702.5	658.0	9.1	7.6	0.0	9.0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	701.0	655.0	9.5	6.5	1.7	4.7	0.2	....	0.3	....	0.3	....	0.5	....
21	701.0	654.7	5.3	3.0	9.7	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	698.8	652.7	4.1	1.9	5.3	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
23	695.1	650.0	4.5	+0.7	5.3	5.7	....	....	....	....	....	....	....	....
24	690.1	642.3	+0.3	-2.8	9.3	8.7	6.0	3	8.4	5	8.1	12	3.5	14
25	686.6	639.7	-0.4	-5.3	10.0	10.0	0.9	1	1.4	2	5.3	7	2.1	6
26	686.5	639.5	-0.2	-5.2	7.0	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
27	687.1	640.9	+1.5	-3.4	9.7	10.0	22.8	14	22.4	28	17.0	18	22.0	32
28	691.1	644.5	2.1	-0.9	5.0	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
29	688.5	641.9	3.7	+1.4	9.3	9.7	0.7	....	0.9	....	0.8	....	0.3	6
30	692.3	645.4	4.4	0.6	5.0	4.7	....	....	....	....	....	....	....	....
31	693.3	647.1	+8.7	+3.9	5.3	6.0	....	....	....	....	....	....	....	....
mois	697.44	650.56	+3.22	+0.21	7.0	6.1	50.9	26	56.4	40	53.1	72	41.5	138

MOIS D'AVRIL 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	691.6	645.9	+8.0	+3.3	9.0	8.3	20.6	....	24.0	....	28.9	....	3.3	18
2	692.5	645.3	2.2	-0.8	10.0	10.0	14.0	....	16.5	....	27.8	31	4.2	23
3	699.1	651.4	2.9	-1.9	6.3	6.7	....	....	....	....	0.2	....	....	....
4	703.8	655.8	3.8	-0.4	6.7	6.7	....	....	....	....	....	....	....	....
5	704.6	656.4	5.1	+2.3	3.3	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
6	706.6	659.4	4.9	1.8	3.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	710.7	663.8	8.7	5.2	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	710.6	664.0	10.1	7.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	709.9	663.6	11.7	8.5	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.1	660.9	13.4	10.4	7.0	3.3	0.6	....	0.4	....	0.7	....	0.6	....
11	702.8	656.5	12.1	7.7	4.0	4.3	13.7	....	15.2	....	16.0	....	13.4	....
12	701.2	654.1	6.0	+1.7	9.3	9.7	2.6	....	2.2	....	2.5	....	0.3	....
13	706.5	658.6	3.5	-0.4	5.3	7.7	0.8	....	4.2	....	1.0	....	0.2	....
14	704.9	658.3	8.5	+4.4	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	702.4	656.3	11.5	7.6	8.3	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	700.6	654.0	8.7	5.6	4.0	4.7	....	....	....	....	....	....	....	....
17	696.0	650.2	7.7	4.9	7.3	8.3	0.2	....	0.0	....	0.1	....	0.8	....
18	696.2	649.5	6.7	3.8	10.0	10.0	2.3	....	2.5	....	3.5	....	2.2	....
19	703.1	656.7	9.5	5.3	7.3	6.7	2.7	....	3.4	....	2.3	....	2.1	....
20	705.1	658.2	9.3	5.2	6.3	7.0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	703.0	656.4	10.3	6.8	5.0	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	697.2	651.1	7.7	3.7	10.0	10.0	7.7	....	9.3	....	14.7	....	7.0	....
23	698.8	651.9	6.4	2.7	10.0	10.0	0.1	....	0.2	....	2.3	....	0.2	....
24	702.7	655.6	9.4	5.5	5.3	4.0	....	....	....	....	....	....	0.1	....
25	702.3	655.7	9.7	7.8	1.3	2.7	....	....	....	....	....	....	....	....
26	697.9	652.3	12.7	8.2	5.0	7.7	....	....	....	....	....	....	....	....
27	695.7	650.1	12.5	8.1	2.0	9.0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	697.0	651.0	9.6	6.0	7.3	9.0	12.6	....	14.0	....	21.2	....	11.8	....
29	699.0	652.6	8.5	5.1	9.3	9.3	1.2	....	2.0	....	3.5	....	2.2	....
30	703.0	657.1	+12.1	+9.1	0.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	701.73	655.09	+8.44	+4.83	5.4	5.9	79.1	....	93.9	....	124.7	31	48.4	41

MOIS DE MAI 1898.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nebulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o			mm.	cm.	mm.	cm.	mm	cm.	mm.	cm.
1	702.8	657.8	+16.2	+12.3	4.3	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
2	700.3	655.6	18.3	12.8	5.3	2.3	2.0	....	3.0	....	2.5	....	2.1	....
3	701.2	654.7	6.9	4.1	8.7	8.7	12.0	....	11.7	....	12.3	....	6.5	....
4	705.8	657.7	8.1	5.8	4.3	4.7	1.7	....	1.8	....	2.6	....	1.4	....
5	707.2	660.2	9.6	6.7	7.3	7.3	0.3	....	0.2	....	1.2	....	0.7	....
6	703.3	657.0	10.2	6.0	9.7	8.3	13.9	....	15.5	....	19.2	....	7.3	....
7	706.1	658.8	6.1	1.0	8.0	9.7	0.7	....	0.9	....	1.7	....	0.3	....
8	705.4	658.9	8.5	4.3	4.3	8.0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	704.6	658.1	10.1	6.5	4.3	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	703.2	657.2	11.1	7.9	9.3	7.7	0.4	....	0.1	....	....	....	1.2	....
11	696.3	651.0	12.1	10.4	5.7	4.3	2.7	....	3.3	....	5.0	....	3.2	....
12	692.3	645.9	5.5	2.1	9.0	8.3	17.5	....	19.3	....	18.0	....	3.9	....
13	700.3	653.0	4.7	2.0	7.7	7.0	2.5	....	1.9	....	1.0	....	0.8	....
14	705.0	658.2	8.6	4.9	3.0	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	705.4	659.6	10.9	9.7	5.0	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	705.0	659.0	11.2	7.7	7.7	5.3	13.6	....	15.3	....	16.1	....	17.0	....
17	701.8	655.7	11.3	8.0	9.7	8.7	8.4	....	8.4	....	8.1	....	6.9	....
18	696.8	651.3	11.5	7.6	7.0	8.3	0.1	....	....	....	....	....	....	....
19	694.4	649.3	12.2	10.7	7.7	9.3	3.3	....	3.4	....	5.5	....	4.2	....
20	696.1	650.2	8.6	5.1	10.0	10.0	3.5	....	4.7	....	5.0	....	4.4	....
21	702.9	656.3	10.4	6.8	5.7	6.0	0.1	....	....	....	....	....	....	....
22	699.4	653.9	12.7	9.6	7.7	10.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	698.6	652.4	14.7	10.4	9.0	9.3	6.3	....	5.8	....	6.4	....	7.1	....
24	700.3	653.8	12.0	8.9	7.0	7.0	0.7	....	1.1	....	0.5	....	1.4	....
25	697.8	651.8	12.6	8.8	7.0	6.7	1.5	....	1.8	....	3.5	....	2.3	....
26	698.8	652.5	12.3	8.3	8.0	6.7	0.3	....	0.2	....	0.2	....	0.2	....
27	700.6	655.0	12.7	9.7	6.3	5.3	0.2	....	0.3	....	0.1	....	0.4	....
28	700.2	654.1	10.5	7.4	10.0	8.7	2.3	....	3.2	....	3.2	....	3.8	....
29	700.4	654.4	10.8	6.9	8.7	9.7	0.3	....	0.5	....	....	....	0.7	....
30	701.2	655.1	10.6	6.3	8.3	6.7	1.0	....	1.2	....	1.4	....	1.9	....
31	701.1	654.9	+11.0	+7.8	7.3	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
Moy.	701.12	654.95	+10.72	+7.30	7.1	6.7	95.0	....	103.6	....	113.5	....	77.7	

Mois de Juin 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	0	0			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm
1	701.1	654.7	+10.3	+ 7.4	6.7	9.0	3.7	....	3.9	....	4.0	....	2.4	....
2	704.6	657.2	9.1	6.8	9.7	9.3	12.1	....	13.1	....	15.0	....	10.7	....
3	706.0	659.4	9.5	5.4	5.0	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.9	658.6	13.9	9.6	1.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	704.1	657.6	14.9	10.7	6.7	7.0	1.8	....	1.7	....	2.5	....	2.0	....
6	704.1	659.3	17.0	13.8	5.0	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	705.4	659.6	18.3	15.7	1.7	2.3	0.7	....	0.8	....	....	....	0.6	....
8	705.7	660.6	14.9	14.8	7.3	8.0	4.9	....	4.8	....	5.2	....	5.0	....
9	705.3	659.8	14.7	11.6	9.3	8.3	11.9	....	13.2	....	11.4	....	13.9	....
10	703.9	657.9	13.1	10.6	10.0	10.0	17.0	....	16.5	....	12.7	....	13.3	....
11	702.8	657.4	15.4	10.8	9.0	8.7	0.9	....	....	....	1.3	....	0.7	....
12	704.1	659.6	18.0	14.3	3.0	1.3	0.1	....	....	....	....	....	....	....
13	704.8	659.5	15.8	14.4	2.7	2.7	1.9	....	3.6	....	0.3	....	3.7	....
14	703.3	658.0	15.1	12.4	9.7	10.0	15.2	....	12.7	....	16.6	....	15.0	....
15	698.9	651.6	12.8	9.0	9.7	10.0	9.1	....	8.3	....	12.9	....	7.8	....
16	698.4	651.0	10.6	6.0	9.3	9.0	0.1	....	....	....	....	....	0.1	....
17	704.4	656.8	11.8	8.1	8.0	7.7	....	....	....	....	....	....	....	....
18	708.4	661.6	14.6	10.8	2.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
19	708.9	662.4	16.1	11.9	5.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
20	706.2	660.8	18.8	14.4	2.3	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	704.9	658.3	19.3	17.7	0.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
22	703.7	657.3	20.6	17.9	6.0	4.7	1.4	....	1.2	....	1.1	....	1.5	....
23	704.0	657.5	12.5	10.3	9.3	9.7	9.6	....	10.4	....	12.6	....	7.4	....
24	703.9	657.7	13.9	9.0	3.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	700.8	654.5	14.7	11.0	9.0	9.3	15.0	....	14.5	....	17.1	....	13.7	....
26	698.9	652.3	11.3	8.4	8.7	7.3	6.9	....	8.3	....	8.1	....	7.6	....
27	699.6	653.3	12.0	7.3	8.0	6.3	6.3	....	5.2	....	6.3	....	3.7	....
28	703.3	656.6	11.7	8.3	4.3	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	706.5	659.0	12.1	7.7	6.3	5.0	0.8	....	0.9	....	....	....	0.9	....
30	709.8	662.5	+14.3	+10.4	1.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
	704.03	657.75	+14.23	+10.88	6.1	5.5	119.4	....	119.1	....	127.1	....	110.0	....

MOIS DE JUILLET 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	o	o			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	710.0	663.5	+16.3	+12.8	2.0	0.0	....	....	....	....	...	....	....	....
2	707.0	661.0	16.5	12.9	4.3	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	705.6	659.4	15.8	12.2	5.7	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.2	657.9	15.0	10.8	6.7	9.0	2.4	....	2.5	....	0.4	....	2.3	....
5	707.0	659.5	12.9	8.9	2.0	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	708.3	660.7	13.4	8.7	2.7	2.3	....	....	....	....	....	....	...	....
7	708.2	661.3	14.5	10.8	3.3	3.0	....	....	....	....	....	....	...	....
8	705.9	659.7	15.7	12.8	7.0	5.7	....	....	....	....	....	....	....	....
9	704.5	657.4	15.3	11.5	2.3	2.7	....	....	....	....	....	....	...	....
10	704.8	657.7	14.4	11.6	3.3	4.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	706.2	658.7	13.7	9.1	8.0	7.3	....	....	....	....	....	....	....	....
12	706.6	659.8	14.9	11.1	5.7	5.7	....	....	....	....	....	....	....	....
13	702.1	656.3	15.4	11.2	7.7	7.3	15.8	....	15.9	....	15.2	...	10.5	....
14	705.0	657.0	12.4	6.4	5.7	9.0	0.4	....	....	....	0.7	....	0.5	....
15	708.1	661.0	13.4	13.0	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	706.8	660.9	18.2	15.7	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	706.7	660.9	20.9	17.7	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	706.6	661.1	21.7	18.8	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	704.4	660.0	20.1	19.2	5.7	5.3	12.8	...	13.6	...	14.5	....	10.2	....
20	704.2	658.3	18.7	15.8	7.7	7.0	18.7	....	20.5	....	21.9	....	14.7	....
21	706.3	659.6	16.7	12.8	5.3	4.3	....	...	0.3	....	0.2	....	....	....
22	705.7	660.4	19.0	17.3	1.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
23	704.8	658.0	19.1	15.6	8.0	7.7	3.0	....	3.4	....	3.9	....	2.4	....
24	705.1	659.2	18.4	14.9	3.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	706.7	660.5	19.2	15.7	0.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
26	706.9	660.6	20.0	16.6	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	705.4	660.5	16.5	12.8	8.7	7.7	14.0	....	16.5	....	17.7	....	14.1	....
28	703.7	658.0	16.4	13.3	7.7	6.3	1.6	....	7.1	....	6.2	....	7.0	....
29	702.1	655.9	15.9	14.2	8.3	6.0	3.3	....	3.5	...	6.1	....	2.8	....
30	706.1	658.2	12.6	8.6	6.7	3.3	0.2	....	....	....	0.8	....	....	....
31	706.7	659.9	+14.1	+10.7	0.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
Mois	705.86	659.45	+16.35	+13.02	4.2	3.8	71.9	...	83.3	....	87.6	....	64.5	....

Mois d'Août 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nebulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	706.0	659.7	+16.7	+12.8	2.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
2	706.4	659.1	18.7	14.7	3.0	2.0	....	....	....	....	....	....	....	....
3	706.6	660.0	16.2	15.2	8.3	4.0	9.8	....	9.6	....	10.3	....	11.6	....
4	708.2	662.1	17.7	14.9	4.3	5.7	2.1	....	2.3	....	....	....	2.5	....
5	709.3	662.6	17.5	15.3	0.3	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	706.0	661.0	20.8	17.7	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
7	703.2	657.9	20.4	21.0	2.7	1.7	4.5	....	....	....	6.3	....	6.3	....
8	700.1	654.5	17.3	16.6	6.0	8.0	22.6	....	27.1	....	29.7	....	13.0	....
9	706.2	658.0	9.4	6.4	9.7	9.3	11.8	....	12.8	....	16.3	....	9.8	....
10	709.6	662.2	12.9	9.1	2.3	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....
11	708.9	662.0	14.6	11.6	1.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
12	707.7	661.1	16.2	12.5	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
13	706.9	661.1	20.1	14.4	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
14	706.0	661.4	21.5	19.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	704.9	660.5	21.6	19.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	705.9	660.4	22.7	20.4	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	706.4	660.9	23.1	18.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
18	706.1	660.4	22.1	20.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	707.2	661.3	23.4	20.5	0.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	708.3	662.6	24.7	21.6	1.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
21	707.7	662.3	24.3	21.1	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	708.0	662.5	24.1	21.2	0.7	0.0	0.5	....	0.2	....	....	....	....	....
23	709.2	662.9	19.5	18.8	8.0	7.3	1.0	....	2.0	....	3.5	....	3.5	....
24	707.6	661.4	17.1	14.2	9.0	8.3	2.7	....	5.1	....	3.2	....	2.3	....
25	706.0	659.6	18.0	14.0	3.7	3.7	0.6	....	0.2	....	0.1	....	0.2	....
26	706.7	659.9	16.9	12.9	4.0	3.0	....	....	0.4	....	....	....	1.5	....
27	707.7	660.5	18.5	15.1	2.0	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
28	705.6	659.9	16.7	15.1	8.0	7.0	5.3	....	8.0	....	15.5	....	7.2	....
29	707.5	660.2	14.1	11.1	5.0	5.0	....	....	....	....	....	....	....	....
30	707.4	661.0	16.8	12.8	3.0	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
31	707.7	661.4	+17.6	+13.6	2.7	0.7	4.4	....	2.9	....	3.4	....	1.3	....
Mois	706.81	660.66	+18.75	+15.90	2.9	2.5	65.3	....	70.6	....	88.3	....	59.2	....

MOIS DE SEPTEMBRE 1898.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nébulosité moyenne		Pluie et neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm
1	708.6	660.9	+15.6	+11.3	4.0	3.7	....	....	....	....	0.1	....	....	....
2	711.4	663.3	14.1	12.9	4.3	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
3	712.3	664.8	15.7	14.0	1.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
4	711.3	663.7	16.9	13.8	1.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
5	709.2	663.0	16.9	15.6	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
6	707.7	662.3	19.2	18.2	0.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
7	708.1	661.8	19.5	18.5	0.7	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	707.3	661.5	21.3	18.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
9	706.9	660.8	22.1	20.5	0.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.3	661.5	21.8	20.1	0.0	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	706.8	661.0	22.6	20.4	1.3	0.7	0.7	....	....	....	0.1	....	0.2	....
12	705.2	659.1	21.1	19.0	4.3	1.7	....	....	....	....	....	....	....	....
13	706.7	659.8	19.3	14.6	4.7	2.7	....	....	1.1	....	1.5	....	1.9	....
14	710.1	663.0	17.9	14.2	3.0	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
15	711.5	664.1	17.1	14.4	0.3	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	710.6	663.7	17.2	15.3	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
17	709.2	663.3	18.7	16.8	0.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
18	707.4	662.9	19.7	14.4	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
19	709.0	661.6	17.4	12.5	4.0	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
20	707.2	659.9	14.3	11.5	1.3	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
21	706.2	66[illegible].4	15.5	12.9	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
22	704.7	660.2	18.5	15.5	1.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
23	704.0	658.2	17.3	14.7	0.7	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
24	701.9	654.8	11.7	11.6	5.0	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
25	701.8	654.8	11.9	9.1	3.3	1.0	....	....	....	....	....	....	....	....
26	702.5	655.1	12.1	12.7	0.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
27	701.5	654.7	13.4	13.6	4.7	7.0	2.5	....	2.6	....	2.1	....	....	....
28	701.4	654.7	11.6	7.6	10.0	10.0	25.6	....	25.4	....	25.9	....	25.7	....
29	702.6	655.0	9.8	5.2	9.7	9.7	....	....	....	....	0.1	....	....	....
30	698.5	651.3	+10.8	+6.8	8.3	8.3	29.4	....	31.6	....	41.8	....	24.6	....
Mois	706.62	660.04	+16.69	+14.22	2.5	2.0	58.2	....	60.7	....	72.0	....	52.4	....

Mois d'Octobre 1898.

Jours du mois	Baromètre Hauteur moyenne		Thermomètre Température moyenne		Nebulosité moyenne		Pluie et Neige (hauteur mesurée)							
							Lavey		Savatan		Dailly		Aiguille	
	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Savatan	Dailly	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige	Pluie	Neige
	mm.	mm.	°	°			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	701.0	653.6	+10.3	+ 7.6	8.0	7.3	....	....	....	...	...	....	....	....
2	703.5	656.6	12.7	10.9	4.7	5.7	0.7	....	1.0	....	1.2	....	1.3	....
3	706.0	659.4	13.1	11.4	6.3	5.3	....	....	....	....	....	....	....	....
4	707.5	661.0	13.9	11.2	4.0	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
5	708.4	661.6	11.9	12.6	0.7	1.3	....	....	....	....	...	....	....	....
6	705.3	659.2	13.0	11.2	7.3	7.0	7.6	....	8.0	....	11.2	....	9.6	....
7	703.0	656.8	11.9	8.6	9.7	10.0	1.2	....	1.4	...	1.8	....	1.8	....
8	701.0	655.0	12.2	10.7	3.3	8.7	0.7	...	0.8	....	0.6	....	0.9	....
9	704.7	657.9	12.5	10.1	9.7	9.0	0.6	....	1.5	...	1.6	....	1.0	....
10	705.5	658.3	11.7	9.2	1.3	2.0	....	....	....	...	....	...	....	....
11	702.5	655.4	11.0	8.5	9.3	9.0	18.0	....	19.9	....	25.2	...	13.4	...
12	701.2	653.1	4.5	1.6	10.0	10.0	22.2	....	23.2	....	28.2	....	3.8	19
13	700.8	653.2	7.1	3.7	7.7	5.7	....	....	....	....	....	....	....	....
14	695.5	649.3	11.0	5.6	4.7	3.3	....	...	....	....	....	....	....	....
15	689.8	643.7	11.1	7.4	5.7	9.3	5.5	....	6.0	....	7.3	....	6.0	....
16	689.0	643.9	11.8	10.2	7.0	7.3	1.5	....	...	...	5.6	....	...	....
17	687.1	640.5	10.7	6.7	8.3	8.7	10.6	...	6.4	....	5.1	....	7.2	....
18	690.0	642.6	8.4	5.3	8.0	7.3	2.8	....	7.4	....	3.1	....	3.1	....
19	694.1	646.3	8.4	4.9	10.0	10.0	3.4	....	3.9	...	6.5	....	2.8	....
20	700.9	652.8	9.1	5.5	9.7	8.7	0.4	....	0.5	....	1.4	....	0.8	....
21	706.1	657.9	8.4	6.7	10.0	10.0	3.8	....	4.0	...	5.3	....	4.9	....
22	710.8	662.0	11.7	10.9	4.3	4.0	....	...	...	....	....	....	....	....
23	709.9	662.7	11.7	11.9	0.0	0.3	...	....	....	....	....	....	....	....
24	708.5	660.9	11.1	11.0	4.0	0.0	....	....	....	....	....	...	....	....
25	709.1	661.4	10.5	7.6	9.3	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
26	709.3	662.0	10.3	8.5	1.0	1.0	...	....	....	....	....	....	....	..
27	708.1	661.2	11.3	11.5	0.0	0.0	....	....	....	....	....	....	...	....
28	706.8	659.5	11.4	11.3	0.3	0.0	...	....	....	....	....	....	....	....
29	704.5	659.0	11.6	10.8	1.7	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
30	700.9	654.9	12.8	8.7	9.3	9.3	4.1	....	4.2	....	4.0	....	4.7	....
31	701.0	654.2	+11.3	+ 8.8	9.7	9.7	3.8	....	3.5	....	3.8	....	3.9	....
Mois	702.32	655.35	+10.92	+ 8.73	6.0	5.8	86.9	....	91.7	....	111.9	....	65.2	19

MOIS DE NOVEMBRE 1898.

Jours du mois.	Baromètre Hauteur moyenne Savatan	Baromètre Hauteur moyenne Dailly	Thermomètre Température moyenne Savatan	Thermomètre Température moyenne Dailly	Nébulosité moyenne Savatan	Nébulosité moyenne Dailly	Pluie et neige (hauteur mesurée) Lavey Pluie	Lavey Neige	Savatan Pluie	Savatan Neige	Dailly Pluie	Dailly Neige	Aiguille Pluie	Aiguille Neige
	mm.	mm.	0	0			mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.	mm.	cm.
1	702.0	653.2	+8.9	+6.1	10.0	10.0	12.5	....	16.6	....	31.5	....	12.3	....
2	707.4	659.3	7.6	4.1	5.7	8.7	0.1	....	4.0	....	....	....	....	....
3	707.6	659.8	7.9	7.2	0.3	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
4	704.1	657.7	10.0	8.4	6.7	4.3	....	....	....	....	....	....	....	....
5	702.6	656.5	9.8	8.7	7.7	4.0	1.1	....	1.0	....	1.8	....	1.4	....
6	705.8	659.2	9.3	6.5	9.7	9.7	0.4	....	....	....	....	....	0.3	....
7	706.5	660.0	9.4	7.8	7.0	3.0	....	....	....	....	....	....	....	....
8	706.7	660.1	7.6	8.4	5.0	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
9	708.5	661.5	7.9	8.2	4.0	3.3	....	....	....	....	....	....	....	....
10	707.6	660.9	7.7	8.4	7.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
11	706.8	660.2	8.0	7.7	2.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
12	703.8	658.6	8.5	8.5	3.7	1.3	....	....	....	....	....	....	....	....
13	705.5	658.9	8.7	6.8	6.7	7.3	....	....	....	....	....	....	....	....
14	709.5	662.7	8.3	8.9	3.0	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
15	710.1	663.8	5.8	6.9	3.0	0.0	....	....	....	....	....	....	....	....
16	708.9	661.7	5.3	6.5	5.0	0.0	5.7	....	3.3	....	3.1	....	6.1	....
17	705.1	658.0	5.7	5.2	7.0	3.7	1.3	....	1.8	....	....	....	0.3	....
18	705.6	658.2	4.7	3.7	4.7	0.7	....	....	....	....	....	....	....	....
19	707.6	660.9	5.1	5.5	0.3	0.3	....	....	....	....	....	....	....	....
20	707.7	660.8	5.1	7.5	3.3	3.7	....	....	....	....	....	....	....	....
21	704.2	657.4	2.9	5.9	3.3	2.3	....	....	....	....	....	....	....	....
22	697.1	650.4	4.6	3.7	10.0	10.0	1.2	....	1.2	....	0.9	....	0.7	....
23	690.4	644.1	3.7	1.0	10.0	10.0	0.4	....	0.5	....	1.5	....	0.4	....
24	685.1	639.2	3.7	2.1	10.0	7.0	....	....	....	....	....	....	....	....
25	685.0	639.4	4.7	4.1	10.0	6.7	7.5	....	2.0	....	....	....	2.6	11
26	686.5	640.4	4.1	2.7	5.3	6.3	10.1	....	12.3	....	10.9	7	2.3	9
27	690.6	644.1	3.0	0.5	6.7	5.7	0.3	....	1.1	....	0.2	1	0.6	23
28	692.0	645.2	5.0	2.5	8.0	6.3	....	....	....	....	....	....	....	....
29	694.6	647.8	13.4	+10.1	10.0	10.0	25.6	....	29.2	5	18.8	25	6.4	29
30	700.7	653.2	-0.3	-3.6	10.0	10.0	2.9	....	2.9	....	3.4	6	0.8	7
Moy.	701.85	655.11	+6.20	+5.34	6.2	4.5	69.1	....	75.9	5	72.1	39	34.2	79

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1897

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne
1re décade...	700.43	699.68	699.69	8.8	652.82	652.68	651.87	7.6
2me » ...	706.58	706.71	707.48	4.5	659.39	59.71	59.71	2.8
3me » ...	709.67	709.20	708.78	3.3	661.19	61.09	60.67	2.1
Mois..	705.69	705.32	705.43	5.5	657.91	657.93	657.53	4.1

Température.

Savatan

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Minimum moyen °	Maxim. moyen °
1re décade........	(0.0)	(+ 2.0)	(- 0.2)	—	—
2me »	(+ 2.7)	(+ 7.2)	(+ 3.3)	—	—
3me »	(- 1.8)	(+ 4.0)	(- 0.9)	—	—
Mois	(+ 0.2)	(+ 4.4)	+ 0.7	—	—

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	(- 2.0)	(- 1.1)	(- 1.8)	—	—
2me »	(+ 1.3)	(+ 2.6)	(+ 1.3)	—	—
3me »	(- 1.5)	(+ 0.4)	(- 0.6)	—	—
Mois	(- 0.8)	(+ 0.6)	(- 0.4)	—	—

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne
1re décade...	704.97	705.10	706.20	4.3	658.24	658.32	658.84	4.1
2me » ...	715.28	714.83	715.55	1.5	667.07	666.91	667.16	1.6
3me » ...	714.52	714.33	714.76	2.3	666.46	666.14	666.73	1.5
Mois ..	711.69	711.51	712.25	2.7	664.01	663.87	664.32	2.4

Température.

Savatan

	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Minimum moyen °	Maxim. moyen °
1re décade........	+3.88	+5.76	+4.46	+2.2	+8.4
2me »	-1.21	+0.55	-1.32	-2.1	+2.8
3me »	(-0.37)	(+1.15)	(+0.02)	-1.3	+3.0
Mois	+0.73	+2.44	+1.02	-0.4	+4.7

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	+3.37	+7.21	+4.91	+1.3	+10.2
2me »	+2.48	+6.84	+3.06	+0.4	+ 8.3
3me »	+1.60	+5.22	+1.73	-1.2	+ 7.5
Mois	+2.45	+6.38	+3.18	+0.1	+8.6

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan				Dailly			
	Baromètre			Nébulosité	Baromètre			Nébulosité
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	703.80	703.45	703.14	8.1	655.76	655.62	655.29	7.5
2me » ...	706.89	706.48	706.13	5.7	658.95	658.80	658.54	5.1
3me » ...	699.03	699.10	700.06	4.2	651.70	651.91	652.67	4.6
Mois..	703.54	703.29	703.33	6.1	655.74	655.69	655.70	5.8

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
		Savatan			
	0	0	0	0	0
1re décade........	-1.71	+0.52	-0.83	-3.1	+3.3
2me »	-0.28	+2.07	+0.89	-1.4	+3.9
3me »	-0.10	+3.37	+1.32	-1.2	+5.3
Mois........	-0.74	+1.89	+0.40	-2.0	+4.1
		Dailly			
1re décade........	-3.31	-0.96	-3.49	-6.1	+1.8
2me »	-1.80	+0.69	-0.78	-3.6	+3.1
3me »	-2.87	+0.12	-1.57	-3.8	+1.8
Mois........	-2.64	-0.06	-1.98	-4.6	+2.2

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1898

Baromètre et Nébulosité

	Savatan				Dailly			
	Baromètre			Nébulosité	Baromètre			Nébulosité
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	697.99	697.68	697.54	9.3	650.36	650.46	650.38	6.9
2me » ...	703.47	703.01	703.39	4.2	656.45	656.32	656.53	4.3
3me » ...	692.05	691.45	692.03	7.4	645.35	645.28	645.44	6.9
Mois..	697.65	697.49	697.47	7.0	650.55	650.51	650.61	6.1

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
		Savatan			
	0	0	0	0	0
1re décade........	-0.12	+1.84	+0.78	-1.4	+3.8
2me »	+3.12	+8.08	+6.00	+2.5	+9.8
3me »	+1.67	+4.58	+3.02	-0.0	+7.0
Mois	+1.56	+4.83	+3.26	+0.3	+6.9
		Dailly			
1re décade........	-2.12	-0.14	-1.61	-3.6	+2.1
2me »	+0.89	+4.31	+2.49	+0.1	+6.4
3me »	-1.85	+0.65	-0.51	-2.9	+3.4
Mois........	-1.05	+1.58	+0.10	-2.2	+4.0

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne
1re décade...	703.28	703.45	704.20	4.5	656.21	656.79	656.90	4.0
2me » ...	702.02	701.71	701.94	6.2	655.30	655.33	655.10	6.8
3me » ...	699.89	699.25	699.83	5.6	653.40	653.41	653.33	6.9
Mois..	701.73	701.47	701.99	5.4	654.97	655.18	655.11	5.9

Température.

Savatan	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Minimum moyen °	Maxim. moyen °
1re décade........	+4.58	+ 9.50	+7.14	+3.4	+12.2
2me »	6.24	11.00	7.82	4.5	13.3
3me »	7.83	12.24	9.60	6.6	14.7
Mois.......	6.22	10.91	8.19	4.8	13.4
Dailly					
1re décade........	+1.96	+4.88	+3.94	+1.1	+ 7.1
2me »	3.16	6.92	3.65	1.4	8.9
3me »	4.86	8.08	5.98	3.3	10.1
Mois.......	3.33	6.63	4.52	1.9	8.7

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m. mm.	1 h. s. mm.	9 h. s. mm.	Nébulosité moyenne
1re décade...	703.99	703.77	704.21	6.3	657.56	657.50	657.74	6.2
2me » ...	699.41	699.19	699.44	7.2	653.23	653.31	653.44	6.5
3me » ...	700.11	700.09	700.16	7.7	653.84	654.11	654.11	7.4
Mois..	701.14	700.98	701.23	7.1	654.84	654.94	655.06	6.7

Température.

Savatan	7 h. m. °	1 h. s. °	9 h. s. °	Minimum moyen °	Maxim. moyen °
1re décade........	+ 8.26	+12.60	+10.70	+6.7	+15.8
2me »	8.38	11.26	9.34	6.6	14.7
3me »	10.31	13.76	11.48	8.8	15.8
Mois.......	9.03	12.58	10.54	7.4	15.4
Dailly					
1re décade.......	+5.46	+8.54	+6.20	+3.1	+11.2
2me »	4.99	8.75	6.73	3.4	12.1
3me »	7.04	9.75	7.99	5.3	11.7
Mois.......	5.87	9.04	7.01	4.0	11.6

MOYENNES DU MOIS DE JUIN 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	704.25	704.21	705.08	6.3	658.44	658.35	658.64	6.3
2me » ...	703.93	703.93	704.22	6.2	657.42	657.46	658.71	5.3
3me » ...	703.20	703.39	704.03	5.8	656.12	656.53	658.05	5.0
Mois..	703.79	703.84	704.44	6.1	657.33	657.45	658.47	5.5

Température.

Savatan

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o
1re décade........	+12.28	+15.10	+13.37	+10.4	+17.9
2me »	12.58	16.73	15.28	11.1	18.8
3me »	12.37	15.72	14.63	10.2	18.6
Mois	12.41	15.85	14.43	10.5	18.4

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	+ 9.69	+11.93	+10.29	+7.3	+14.9
2me »	10.51	12.12	10 97	7.5	14.6
3me »	9.99	12.15	10.30	7.3	14.4
Mois	10.06	12.07	10.52	7.4	14.6

MOYENNES DU MOIS DE JUILLET 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	707.02	706.04	706.58	3.9	659.56	659.65	660.21	4.0
2me » ...	705.94	705.29	705.78	4.1	659.11	659.25	659.86	4.2
3me » ...	705.33	705.32	705.61	4.6	658.92	658.88	659.66	3.4
Mois..	706.07	705.54	705.98	4.2	659.19	659.25	659.91	3.8

Température.

Savatan

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o
1re décade........	+12.14	+17.87	+14.92	+11.0	+19.4
2me »	13.92	20.48	16.30	12.6	22.5
3me »	14.88	19.10	17.27	13.2	21.6
Mois........	13.69	19.15	16.20	12.3	21.2

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	+ 9.22	+13.48	+11.16	+ 7.9	+15.1
2me »	11.40	16.53	13.46	9.4	18.5
3me »	11.95	14.87	14.82	10.2	17.5
Mois........	10.89	14.96	13.20	9.2	17.0

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	706.29	705.55	706.66	3.9	659.24	659.72	660.19	3.5
2me » ...	707.14	706.54	706.79	0.3	661.06	661.23	661.25	0.1
3me » ...	707.75	707.33	707.08	4.2	661.04	661.00	661.12	3.7
Mois..	707.08	706.50	706.85	2.9	660.47	660.66	660.86	2.5

Température.

Savatan

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o
1re décade........	+14.78	+19.58	+15.95	+12.6	+21.8
2me »	17.31	24.12	21.55	16.3	26.7
3me »	16.22	20.52	18.82	14.9	23.1
Mois........	16.11	21.38	18.77	14.6	23.9

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	+12.60	+16.16	+14.29	+9.9	+19.4
2me »	14.49	20.79	18.55	12.6	22.9
3me »	13.37	17.57	15.39	11.6	20.3
Mois........	13.48	18.16	16.05	11.4	20.9

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne	Dailly Baromètre 7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Nébulosité moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	709.42	708.87	708.70	1.2	662.35	662.21	662.52	1.1
2me » ...	708.85	708.05	708.22	1.9	662.01	661.58	661.90	1.1
3me » ...	703.21	702.15	702.13	4.4	656.16	655.90	655.69	3.8
Mois..	707.16	706.36	706.35	2.5	660.17	659.90	660 04	2.0

Température.

Savatan

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
	o	o	o	o	o
1re décade........	+15.04	+21.59	+18.30	+14.1	+23.3
2me »	15.87	21.09	18.61	14.8	23.3
3me »	10.87	15.39	13.48	9.9	17.1
Mois........	13.93	19.36	16.80	12.9	21.2

Dailly

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
1re décade........	+13.27	+18.77	+17.13	+12.4	+20.6
2me »	12.47	17.79	15.68	11.3	20.2
3me »	9.35	12.89	10.65	7.5	15.1
Mois........	11.70	16.48	14.49	10.4	18.6

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan				Dailly			
	Baromètre			Nébulosité	Baromètre			Nébulosité
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	704.37	704.40	705.00	5.5	657.59	657.84	658.38	6.0
2me » ...	694.93	694.83	695.48	8.0	648.06	647.64	648.56	7.9
3me » ...	706.86	706.77	706.84	4.5	659.29	659.39	660.15	3.7
Mois ..	702.21	702.46	702.58	6.0	655.12	655.10	655.84	5.8

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
Savatan					
	0	0	0	0	0
1re décade........	+10.29	+14.20	+12.43	+9.5	+15.7
2me »	8.60	10.43	8.91	6.8	12.5
3me »	9.54	12.61	11.17	8.3	13.8
Mois	9.48	12.42	10.85	8.2	14.0
Dailly					
1re décade........	+9.08	+12.24	+9.71	+7.3	+14.5
2me »	5.83	6.78	5.22	3.6	9.1
3me »	8.37	11.66	9.35	6.8	13.5
Mois	7.78	10.27	8.13	5.9	12.4

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1898

Baromètre et Nébulosité.

	Savatan				Dailly			
	Baromètre			Nébulosité	Baromètre			Nébulosité
	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	moyenne
	mm.	mm.	mm.		mm.	mm.	mm.	
1re décade...	705.73	705.43	706 48	6.3	658.67	658.80	659.00	4.4
2me » ...	707.31	706.83	707.04	3.9	660 03	660.46	660.44	1 8
3me » ...	692.85	692.49	692.52	8.3	646.50	645.97	645.89	7.4
Mois ..	701.96	701.58	702.01	6.2	655.14	655.07	655.11	4.5

Température.

	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Minimum moyen	Maxim. moyen
Savatan					
	0	0	0	0	0
1re décade........	+7.34	+10.36	+8.13	+6.4	+11.4
2me »	5.13	8.50	5.93	4.2	10.2
3me »	2.42	4.70	3.31	1.6	6.1
Mois	4.96	7.85	5.79	4.1	9.2
Dailly					
1re décade........	+6.31	+9.14	+6.70	+4.8	+10.6
2me »	5.51	8.92	5.72	+2.9	10.4
3me »	1.36	2.74	1.64	-0 9	4.2
Mois	+4.39	+6.93	+4.69	+2.3	+ 8.4

(A suivre.)

INFLUENCE

DE

COUCHES SUPERFICIELLES

SUR LE

PHÉNOMÈNE DE KERR

PAR

F.-Jules MICHELI[1]

(Avec la planche I.)

§ 1. — Introduction

Le phénomène de Kerr[2] consiste, comme on le sait, dans la rotation magnéto-optique du plan de polarisation de la lumière réfléchie par un miroir métallique placé dans un fort champ magnétique.

Résumés en quelques mots, les faits observés sont les suivants : de la lumière polarisée rectilignement, et réfléchie sous un angle d'incidence quelconque par un miroir métallique non magnétisé, ne reste polarisée rectilignement que pour les deux cas où le plan de polarisation de la lumière incidente est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence. Considérons ces deux cas seulement : le plan de polarisation de la lumière réfléchie est alors lui aussi parallèle ou perpendiculaire au plan

[1] F.-J. Micheli. Inaug. Dissertation, Leipzig, 1899.
[2] Kerr. *Phil. Mag.*, (5) 3 p. 321, 1877, 5 p. 161, 1878.

d'incidence. Vient-on à employer un miroir fait d'un métal fortement magnétisable (Fe, Ni, Co), on observe au moment où le miroir s'aimante un éclairement du champ de la lunette, si avant, polariseur et analyseur étaient à l'extinction. Il faut donc admettre, que grâce à l'aimantation du miroir, le plan de polarisation de la lumière réfléchie a tourné d'un certain angle, et c'est précisément dans cette rotation que consiste le phénomène de Kerr.

Pour une aimantation équatoriale du miroir (c'est-à-dire pour le cas où les lignes de force du champ magnétique extérieur sont parallèles à la surface réfléchissante et au plan d'incidence) on observe pour l'acier les faits suivants : lorsque la lumière est polarisée parallèlement au plan d'incidence, le sens des rotations est le même pour tous les angles d'incidence (contraire au sens des courants moléculaires d'Ampère) ; lorsque la lumière est polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, le sens des rotations est le même que celui des courants moléculaires d'Ampère, pour des angles d'incidence compris entre 0° et environ 80°, puis ce sens change pour des angles d'incidence entre 80° et 90°. L'angle d'incidence pour lequel la rotation change de sens, — que nous appellerons pour abréger « angle d'incidence critique » — n'est pas donnée d'une façon très concordante par les différents observateurs. Cet angle d'incidence critique, comme nous le verrons plus loin, a une importance théorique assez considérable : il ne dépend pas de l'intensité de l'aimantation du miroir.

Le but principal du présent travail est de rechercher si la présence de couches superficielles à la surface du miroir modifie la valeur de cet angle d'incidence critique ; nous cher-

cherons aussi si les théories proposées pour expliquer le phénomène de Kerr rendent compte d'une manière satisfaisante ou non des faits observés.

Pour expliquer le phénomène de Kerr, deux théories satisfaisantes sont en présence: l'une est due à M. Drude [1], l'autre à M. Goldhammer [2]. Elles se basent naturellement toutes deux sur la théorie électro-magnétique de la lumière, et modifient les équations différentielles auxquelles le rayon vecteur de la lumière a à satisfaire dans un milieu isotrope et non magnétisé. La théorie de M. Drude diffère de celle de M. Goldhammer par ce fait que M. Drude n'emploie qu'*une* constante dite constante magnéto-optique, tandis que M. Goldhammer en emploie *deux*. La théorie de M. Drude est d'ailleurs facilement transformable dans le cas plus général de celle de M. Goldhammer, il suffit pour cela de remplacer la constante magnéto optique réelle qui entre dans les équations de M. Drude par un nombre complexe.

Le calcul des rotations avec *une*, puis avec *deux* constantes, et la comparaison des valeurs observées avec les valeurs calculées donna le résultat suivant: pour l'acier une seule constante suffit à rendre compte des phénomènes observés; pour le nickel ou le cobalt, il en faut deux. Mais d'après certaines données physiques, je veux parler de la valeur de l'angle d'incidence principale et de l'azimut principal que les observateurs ont généralement joint aux données des rotations, il fallait conclure que les miroirs de nickel et de cobalt employés par eux devaient posséder des couches superficielles relativement

[1] P. Drude, *Wied. Ann.*, 46, p. 353, 1892.

[2] A. Goldhammer, *Wied. Ann.*, 46, p. 71, 1892.

assez épaisses, tandis que les miroirs d'acier en étaient presque complètement exempts. Une question fort simple se présentait donc d'elle-même à l'esprit : Chercher à obtenir des miroirs de Ni et Co aussi propres que possible, c'est-à-dire pour lesquelles la valeur de l'angle d'incidence principale est aussi grande que possible, et voir si alors une seule constante suffit pour expliquer le phénomène de Kerr, comme c'est le cas pour l'acier. Qu'il me soit permis de faire observer tout de suite qu'une seule constante ne suffit pas pour le Ni et le Co ; il en faut deux.

§ 2. — Appareil et mesures

L'appareil de polarisation que j'ai employé avait la forme d'un spectromètre. Le collimateur et la lunette étaient mobiles sur un cercle gradué horizontal permettant d'évaluer très exactement les angles d'incidence. Ils étaient pourvus de prismes de Nicol, qui, vus depuis la source lumineuse, se trouvaient placés derrière la lentille du collimateur, et devant l'objectif de la lunette. Les rotations de ces Nicols pouvaient être facilement lues jusqu'à une approximation de 1′ au moyen de verniers. L'électro-aimant était un anneau de fer doux (à section circulaire) de 16 cm. de diamètre intérieur et de 3 cm. d'épaisseur. En une place, cet anneau était coupé d'un petit espace de 1,2 cm. et les bords de la coupure aplanis et polis, et sur lesquels le fil du courant aimanteur n'était pas enroulé, formaient une petite surface sur laquelle venaient se loger les miroirs. L'anneau de fer doux était entouré de 6 rangées de spires d'un fil de cuivre de 1,5 millimètre de diamètre. Chaque rangée comptait 200-250 spires. L'intensité du courant aiman-

teur était de 25 à 26 ampères. Le courant était reversible au moyen d'un commutateur, et les lectures se rapportant aux positions des nicols faites pour les deux directions opposées du courant.

Comme source lumineuse j'ai employé un brûleur de Linnemann à oxyde de Zirconium.

Quant aux miroirs je les ai eu grâce à l'obligeance de M. Voigt, prof. à Göttingue. J'ai déterminé les constantes optiques par la méthode dite de réflexion, décrite et appliquée par M. Drude [1]. Après chaque série d'expériences j'ai contrôlé la valeur des constantes, car, pour mon travail la connaissance continuelle de la valeur de ces constantes était d'une importance capitale. Je n'ai jamais trouvé de grandes différences entre la valeur de ces constantes déterminées avant et après une série d'expériences. Je suis arrivé à ce que l'état de la surface du miroir varie si peu en prenant garde que l'électro-aimant, et le miroir avec lui ne s'échauffent jamais plus qu'à une température de 60° à 70°. Un échauffement plus considérable favoriserait la formation de couches d'oxydes.

Enfin pour la mesure des rotations magnéto-optiques les nicols étaient placés à l'extinction et les rotations mesurées par l'angle dont il fallait tourner le nicol analysateur pour obtenir le minimum d'éclairement après la fermeture du courant aimanteur. Pour chaque donnée il a été fait 40 lectures au minimum.

§ 3. — Expériences faites sur un miroir d'acier

Longueur du miroir 1,95 cm. Largeur 1,95 cm. Epaisseur 0,4 cm. Aimantation équatoriale.

[1] P. Drude, *Wied. Ann.*, 39, p. 481, 1890.

Dans cette première série d'expériences j'ai répété celles de Kundt[1] afin de m'assurer du bon fonctionnement de mon appareil. Mes observations présentent un accord satisfaisant avec celles de Kundt.

Grâce à des données dues à M. Du Bois[2] j'ai pu taxer l'aimantation de mon miroir ; elle atteignait environ 1300 G. G. S., alors que l'aimantation à satiété atteint environ 1400 C. G. S.[3].

J'ai d'abord lavé le miroir d'acier avec de l'alcool, et poli ensuite avec du rouge de Paris. Pour les valeurs de l'angle d'incidence principale $\bar{\varphi}$ et de l'azimut principal $\bar{\psi}$ j'ai trouvé :

$$\bar{\varphi} = 76°8' \quad . \quad \bar{\psi} = 28°56'$$

tandis que pour le même miroir M. Drude[4] a obtenu antérieurement :

$$\bar{\varphi} = 77°3' \quad , \quad \bar{\psi} = 27°49'$$

La tabelle suivante donne les valeurs des rotations du plan de polarisation de la lumière réfléchie observées et calculées. Comme base du calcul j'ai employé la théorie de M. Drude dans sa forme primitive (avec *une* constante magnéto-optique). La grandeur de cette constante est la moyenne calculée d'après toutes les observations. Une rotation dans le sens + signifie une rotation dans le sens des courants moléculaires d'Ampère, si l'on se représente ceux-ci projetés sur le plan de l'onde de la lumière réfléchie. Comme point de comparaison, j'ai joint à mes données celles de M. Kundt[5] et celles de

[1] A. Kundt, *Wied. ann.*, 23, p. 245, 1885.

[2] H. Du Bois, *Wied. Ann.*, 39, p. 37, 1890.

[3] A. Winkelmann, Handbuch der Physik 32, p. 199.

[4] P. Drude, *Wied. Ann.*, 39, p. 522, 1890.

[5] A. Kundt, *Wied. Ann.*, 23, l. c.

M. Righi [1] qui sont désignées par les lettres K et R. p_r désigne la rotation simple lorsque le plan de polarisation de la lumière incidente est perpendiculaire au plan d'incidence, s^r à la même désignation lorsque le plan de polarisation est parallèle au plan d'incidence. φ désigne l'angle d'incidence.

φ	$2p_r$ obs.	$2p_r$ calc.	$2s_r$ obs.	$2s_r$ calc.
60°	+ 7.'8	+ 8.'9	— 7.'8	— 7.'8
65	+ 8.6	+ 8.3	— 9.5	— 7.2
70	+ 8.0	+ 7.0	— 7.2	— 7.2
75	+ 6.5	+ 3.6	— 6.2	— 6.9
80	— 3.0	— 1.3	— 3.8	— 5.0

φ K	$2p_r$ K	$2s_r$ K	φ R	$2p_r$ R	$2s_r$ R
61°.3	+ 7.'5	— 8.'0	60°	+ 11.'0	— 9.'0
65.0	+ 8.7	— 9.4	65	+ 8.7	— 8.0
70.0	+ 8.1	— 7.1	70	+ 6.6	— 8.0
75.0	+ 6.8	— 6.0	75	+ 4.5	— 7.0
80.3	+ 2.6	—	80	+ 1.0	— 6.0
82.0	+ 2.3	— 4.3	85	+ 3.0	— 3.0

En désignant l'angle d'incidence critique par φ' et si la lettre M se rapporte à mes observations l'on obtient :

$$\varphi'K = \text{environ } 81^\circ, \quad \varphi'R = 78^\circ 54', \quad \varphi'M = 78^\circ 26', \quad \varphi'\text{calc.} = 78^\circ 30'.$$

[1] A. Righi, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 10, p. 200, 1887.

Comme base du calcul j'ai employé les constantes optiques déterminées autrefois sur le même miroir par M. Drude. Pour ce qui concerne l'angle d'incidence critique, la concordance avec la théorie est satisfaisante, mais la marche générale de la courbe calculée pour $2p_r$ diffère assez notablement de la marche de la courbe observée (Cf. fig. 1, planche I).

J'ai ensuite essayé d'obtenir la surface du miroir encore plus propre, c'est-à-dire une valeur $\bar{\varphi}$ encore plus grande que celle qui est donnée à la p. 243.

J'ai pour cela poli mon miroir avec du papier d'émeri N° 0, 00, 000, 0000, ensuite avec du tripoli. Enfin je l'ai frotté sur une peau de chamois neuve et n'ayant jamais servi. J'obtins les valeurs suivantes de $\bar{\varphi}$ et $\bar{\psi}$:

$$\bar{\varphi} = 76^\circ 52', \qquad \bar{\psi} = 28^\circ 12'.$$

et pour les rotations dans le voisinage de l'angle d'incidence critique :

φ	$2p_r$	$2s_r$
75°	+ 6'.7	— 6'.2
82	— 2.4	— 3.6

Le changement de sens de la rotation $2p_r$ n'aurait lieu ici que pour $\varphi' = 80^\circ 9'$. Cette valeur de φ' ne concorde plus aussi bien avec la valeur calculée précédemment qui était de $78^\circ 30'$. Si l'on remplace la constante magnéto-optique réelle b de la théorie de M. Drude par une quantité complexe $b + i\,b'$ $(i = \sqrt{-1})$, et si l'on calcule le rapport de ces deux constantes b et b' pour $2p_r = 0$, c'est-à-dire pour l'angle d'incidence critique on trouve : $b/b' = -7{,}15$. Ce sont de nouveau les constantes optiques déterminées par M. Drude qui sont

employées comme base du calcul. La concordance entre la courbe observée et la courbe calculée avec ce rapport des deux constantes est beaucoup meilleure (Cf. fig. 2 de la planche). Dans cette figure j'ai reporté pour les angles d'incidence de la courbe observée qui ne sont pas très voisins de l'angle d'incidence critique, les valeurs des rotations tirées de la fig. 1. Je m'étais assuré, en effet, que, pour des angles d'incidence par trop voisins de l'angle d'incidence critique, la valeur des rotations n'était influencée que d'une façon à peu près inappréciable par l'état de la couche superficielle.

Cette série d'expériences une fois terminée, j'ai sali la surface de mon miroir, et cela en le frottant sur une peau de chamois, qui, comme elle avait été préalablement pressée entre les doigts était un peu grasse. Je trouvai alors pour les valeurs de $\bar{\varphi}$ et $\bar{\psi}$:

$$\bar{\varphi} = 73°25', \qquad \bar{\psi} = 31°54',$$

et pour les rotations :

φ	$2p_r$	$2s_r$	
65°	+ 8'.6	—'	
70	— 5.6	— 6.2	$\varphi' = 74°.$
75	— 1.5	— 5.9	

J'ai enfin poli le miroir à nouveau, et pour les valeurs :

$$\bar{\varphi} = 76°0', \qquad \bar{\psi} = 29°12',$$

je trouvai pour les rotations :

φ	$2p_r$	$2s_r$	
75°	+ 5'.1	— 5'.8	φ' 78°9'.
80	— 3.[illegible]	— [illegible].3	

Dans la tabelle suivante se trouvent réunis les angles d'incidence principale $\bar{\varphi}$, qui dépendent de la propreté du miroir, et les angles d'incidence critique correspondants résultant de mes observations :

$\bar{\varphi}$	φ'	$\bar{\varphi}$	φ'
76°52′	80°9′	76°0′	78°9′
76°8′	78°26′	73°25′	74°0′

Comme on le voit, la valeur de l'angle d'incidence critique dépend de celle de l'angle d'incidence principale. Plus celui-ci diminue plus la valeur de l'angle d'incidence critique devient petite. Or, comme l'angle d'incidence principale diminue d'autant plus que la couche superficielle qui recouvre le miroir est plus épaisse [1], l'on peut dire que moins le miroir est propre, plus la valeur de l'angle d'incidence critique est petite.

§ 4 Expériences faites sur un miroir de cobalt

Longueur du miroir 2,5 cm.; largeur 1,8 cm. Epaisseur 0,1 cm.

J'ai fait sur ce miroir de cobalt des expériences tout à fait analogues à celles que j'avais faites sur le miroir d'acier. J'ai déterminé aussi de la même manière que pour l'acier l'intensité d'aimantation : elle devait atteindre environ 770 C. G. S., tandis que l'aimantation à satiété atteindrait environ 1200 C. G. S. [2].

[1] P. Drude, *Wied. Ann.*, 39, p. 488, 1890.

[2] Le fait que le miroir de cobalt n'a pas été aussi près de l'aimantation à satiété que le miroir d'acier ou celui de nickel

Après avoir poli le miroir avec du tripoli et une peau de chamois j'obtins pour les constantes optiques :

$$\bar{\varphi} = 77°40' \qquad \bar{\psi} = 31°36'$$

tandis que M. Drude donne :

$$\bar{\varphi} = 78°5' \qquad \bar{\psi} = 31°40'$$

Mes valeurs ne diffèrent que peu de celles de M. Drude mon miroir était donc propre. La tabelle suivante contient les rotations observées et calculées d'après la théorie de M. Drude avec une seule constante magnéto-optique.

φ	$2p_r$ obs.	$2p_r$ calc.	$2s_r$ obs.	$2s_r$ calc.
40°	+ 2'.75	+ 3'.8	— 2'.95	— 3'.9
50	+ 3.4	+ 4.3	— 3.65	— 4.6
60	+ 4.3	+ 4.3	— 5.8	— 5.1
65	+ 4.8	+ 3.9	— 6.5	— 5.2
70	+ 4.0	+ 2.8	— 6.3	— 5.0
75	+ 0.0	+ 1.1	— 5.5	— 4.3
78	— 2.3	— 0.4	—	—
80	— 3.4	— 1.5	— 3.5	— 3.8
85	— 1.75	— 2.0	— 2.4	— 2.3

φ' obs. 75° $\qquad$ φ' calc. 77°4'

La grandeur de la constante magnéto-optique est la moyenne des rapports des valeurs observées et calculées pour toutes les données. La concordance est assez bonne.

(Cf. § 5) tient évidemment à ce que le miroir de cobalt dont je me suis servi, était fixé sur une petite plaque de laiton, et qu'il ne pouvait adhérer à l'électro-aimant qu'au moyen de gomme arabique, tandis que les miroirs d'acier et de nickel y adhéraient simplement par la force attractive.

cependant pas absolument satisfaisante (Cf. fig. 3 de la planche). En calculant les rotations avec deux constantes au lieu d'une et en déterminant le rapport de ces deux constantes b et b' de telle façon que φ' obs. et φ' calc. aient la même valeur, on trouve $b : b' = 6.66$. La concordance entre les courbes observées et calculées n'est pas beaucoup meilleure que dans le cas précédent.

J'ai ensuite sali le miroir de cobalt de la même manière que le miroir d'acier et j'ai trouvé :

$$\bar{\varphi} = 74°26', \qquad \bar{\psi} = 33°40'$$

Pour les rotations j'observai alors :

φ	$2p_r$	$2s_r$	
70°	+ 2'.2	— 5'.8	$\varphi' = 73°12'$.
78	— 3.3	— 3.7	

Une couche superficielle a donc sur un miroir de cobalt une influence tout à fait analogue à celle qu'elle exerce sur un miroir d'acier.

§ 5 — EXPÉRIENCES FAITES SUR UN MIROIR DE NICKEL

Longueur du miroir 2,0. Largeur 1,9 cm. Epaisseur 0,2 cm.

L'intensité d'aimantation atteignait environ 500 C. G. S. (L'aimantation à satiété est d'environ 525 C. G. S.)

Après avoir poli avec du tripoli et sur une peau de chamois propre j'ai trouvé pour la valeur des constantes optiques :

$$\bar{\varphi} = 76°28', \qquad \bar{\psi} = 31°33'$$

tandis que M. Drude donne :

$$\bar{\varphi} = 76°1' \qquad \bar{\psi} = 31°44'$$

Les rotations dues au phénomène de Kerr sont, pour le nickel, très petites. Afin d'avoir si possible une approximation encore plus grande, j'ai mesuré non seulement les rotations de l'analyseur, mais aussi celles du polariseur, car il est évident que l'on peut compenser l'effet magnéto-optique aussi bien en laissant l'analyseur en place et en amenant le polariseur au minimum d'éclairement qu'en faisant le contraire. J'ai constaté, ce que d'autres ont souvent observé déjà, et ce qui d'ailleurs est conforme à la théorie, que l'on a les relations :

$$p_r = - s_e \qquad s_r = - p_e$$

p_e, s_e désignant les rotations du polariseur lorsque le plan de polarisation de la lumière incidente est perpendiculaire ou parallèle au plan d'incidence. La tabelle suivante donne les rotations; les valeurs de $2p_r$ y sont les moyennes entre $2p_r$ et $-2s_e$, celles de $2s_r$ les moyennes entre $2s_r$ et $-2p_e$. Dans les huit positions possibles entre le polariseur et l'analyseur il a été fait chaque fois 8-10 lectures, en sorte que chaque donnée est la moyenne entre 60-80 lectures.

φ	$2p_r$ obs.	$2p_r$ calc. avec une const.	$2p_r$ calc. avec 2 const.	$2s_r$ obs.	$2s_r$ calc. avec une const.
30°	$+ 1'.3$	$+ 1'.6$	$+ 0'.3$	$- 2'.1$	$- 2'.1$
40	$+ 1.1$	$+ 1.9$	$+ 0.2$	$- 2.7$	$- 2.7$
50	$- 0.38$	$+ 2.2$	$- 0.48$	$- 3.39$	$- 3.2$
60	$- 0.66$	$+ 2.2$	$- 0.76$	$- 3.50$	$- 3.4$
65	$- 2.1$	$+ 1.8$	$- 1.8$	$- 3.0$	$- 3.4$
70	$- 1.4$	$+ 1.1$	$- 2.8$	$- 2.0$	$- 3.2$
78	$- 1.1$	$- 0.5$	$- 3.9$	$- 1.8$	$- 2.6$

D'après la deuxième colonne de cette tabelle, p_r changerait de sens pour φ égal à environ 48° (Kundt[1] a trouvé un changement de sens entre 50 et 60°). D'après la théorie, lorsqu'on emploie qu'*une* constante, ce changement de sens ne devrait se faire que pour $\varphi = 74°$. La courbe calculée et la courbe observée ne concordent donc plus du tout (fig. IV). Si l'on essaie comme pour le cas de l'acier ou du cobalt d'améliorer cette concordance par l'introduction d'une constante magnéto-optique complexe, c'est-à-dire par l'introduction de deux constantes, l'on tire de $\varphi' = 48°$, $b : b' = 1 : 1{,}015$. Ces valeurs de $2p_r$ ainsi calculées sont reportées dans la quatrième colonne de la tabelle. La concordance avec les observations n'est pas encore satisfaisante (fig. 4).

Pour tous les calculs se rapportant au nickel, j'ai employé les valeurs des constantes optiques résultant de mes observations, car, comme on l'a vu à la p. 249, la valeur de $\bar{\varphi}$ trouvée par moi est un peu supérieure à celle trouvée par M. Drude, ce qui veut dire que mon miroir était plus propre que le sien.

Enfin en salissant la surface du miroir de nickel, j'ai constaté qu'une couche superficielle a exactement la même action par rapport à l'angle d'incidence critique, que sur le cobalt ou l'acier.

Quoiqu'il soit admissible que l'angle d'incidence critique eut pu atteindre une valeur un peu supérieure à celle de 48° donnée dans la tabelle précédente si le miroir avait été absolument exempt de couches superficielles, il n'est cependant pas possible de croire que pour un miroir tout à fait propre φ' atteindrait 74°, comme le veut

[1] A. Kundt, *Wien. Ann.*, 23 l. c.

la théorie à une constante. *Par conséquent une seule constante magnéto-optique ne suffit en tous cas pas à rendre compte des phénomènes magnéto-optiques observés sur le nickel. Mais même en employant deux constantes on n'arrive pas à expliquer d'une manière satisfaisante les faits observés.*

Les écarts entre la courbe calculée et la courbe observée consistent principalement dans ce fait que pour des angles d'incidences plus grand que φ', p_r calc. est plus grand que p_r obs.

Nous allons examiner dans ce qui suit s'il est possible d'attribuer ces écarts à l'influence de couches superficielles magnétiques.

(A suivre.)

LE MEXIQUE SISMIQUE

PAR

F. DE MONTESSUS DE BALLORE

(Avec la planche II.)

Le Mexique est un pays célèbre par les catastrophes sismiques dont il a été le théâtre depuis la conquête espagnole et les annales de l'empire aztèque ont aussi conservé le souvenir précis et daté de nombreux tremblements de terre dans les deux ou trois siecles qui l'ont précédée. Il est vrai que le versant pacifique du Rio de las Balsas, ou plus exactement du Colima, à l'isthme de Tehuantepec, et une partie du bassin du lac de Chapalà sont fort instables, et font d'ailleurs partie de l'immense bande d'ébranlement qui s'étend presque sans interruption du cap Horn au détroit de Behring. Mais cependant en dehors des régions susindiquées, le territoire mexicain est dans son ensemble plutôt stable, comme on le verra plus loin par le détail, les régions à tremblements de terre n'occupant qu'une partie relativement faible de sa surface.

Les observations qui ont été faites sont nombreuses et de haute valeur. Sous l'impulsion de la « Sociedad cientifica Antonio Alzate » elles embrassent d'assez longues périodes, du moins pour le Mexique central. Pour le reste du territoire, encore que sa stabilité générale soit bien avérée, il semble que les correspondants dont les

observations sont publiées par l'observatoire central de Mexico, y soient très clairsemés, ce qui s'explique du reste par le peu d'avancement des états du nord et du sud.

Il est remarquable que la ville de Mexico si souvent désolée par de graves séismes se trouve sur le plateau d'Anahuac plutôt stable. C'est que les historiens espagnols et même les savants mexicains qui leur ont succédé ont attribué à cette ville la plupart des chocs qui la secouaient plus ou moins, mais qui avaient en réalité leur centre en quelque point du versant pacifique.

Le Yucatan est certainement très stable. Je n'y connais aucun séisme. Ce fait est à noter parce que sa constitution géologique le rapprocherait de la région si instable du Karst en Carniole.

Les sismicités calculées ont un haut degré d'approximation, sauf dans le nord.

La monographie sismique du Mexique a déjà paru dans les annales de la Société Antonio Alzate (t. VI, 1892), mais à cette époque les observations du bulletin de l'Observatoire central de Mexico n'étaient pas publiées de sorte que j'ai depuis acquis de très nombreux faits. En outre la carte a été établie dans des conditions défectueuses, et non identiques à celles employées dans les autres monographies. Cette revision s'impose donc absolument. Il est d'ailleurs à prévoir qu'il en sera de même pour beaucoup d'autres dans l'avenir, surtout si le succès, ce qu'il faut espérer, s'attache à l'institut international de sismologie projeté et dont les bases ont été jetées par Rebeur-Paschwitz au sixième congrès international de géographie à Londres en 1895. Précisément ce vœu est sur le point d'être réalisé à Strasbourg, et on

y centralisera les observations macrosismiques faites sur toute la surface du globe.

On a établi 17 régions pour lesquelles on connaît 5586 séismes rapportés à 288 centres d'ébranlements.

I. Oaxaca et isthme de Tehuantepec

29 localités et 1134 séismes.

$$i\,(1875 - 1899{,}5\ ^1) = 42{,}12.\ s = 12 \text{ kil.}$$

Cette région s'étend sur le versant pacifique entre les lagunes d'Atotengo et d'Ishuatan. Elle a pour limites : la ligne de hauteurs de la rive droite du Rio Jamiltepec : la sierra Chicahuaina ; la Cordillère entre les deux océans de Teposcocula à Niltepec : les hauteurs de la rive gauche du Rio Ostula. Le massif montagneux d'Oaxaca, les environs de Jamiltepec et ceux de Tehuantepec sont les plus instables, surtout les deux premiers qui ont subi de graves catastrophes.

1	Tehuantepec	646	16	Yuta	4
2	Oaxaca	232	17	Totolapa	3
3	Miahuatlan	81	18	Bartolo (S. —)	1
4	Juchitan	31	19	Chilhuitan	1
5	Pochutla	24	20	Cozoaltepec	1
6	Salina Cruz	21	21	Cuanana	1
7	S. Carlos Yautepec	18	22	Juan (S. —) de l'Estada	1
8	Pinotepa	13	23	Lachixita	1
9	Tequisixtlan	10	24	Laollaga	1
10	Jamiltepec	7	25	Mitla	1
11	Tapanatepec	7	26	Mixtepec	1
12	Tlacolula	7	27	Quimichtepec	1
13	Juquila (Mixes S. Juan)	6	28	Tepanatepec	1
14	Juquila (Sa Catarina)	6	29	Zacatepec	1
15	Niltepec	6			

[1] *Le Bulletin de l'Observatoire de Mexico* n'ayant encore paru que jusqu'à juillet 1899, cette année ne compte que pour moitié dans le calcul de *i*.

II. Flanc sud de la Sierra Madre ou Acapulco.

27 localités et 471 séismes.

i (1878-1889 ; 1895-1899,5) = 15,52 ; s = 42,5 kil.

Cette région côtière s'étend de l'embouchure du Rio de las Balsas à la précédente à l'est d'Omotepec. Acapulco a été très fréquemment éprouvée, mais peut-être plus encore par les vagues sismiques que par les tremblements de terre eux-mêmes. Le massif au sud de Chilpancingo est la partie la moins stable. Beaucoup de secousses paraissent avoir une origine sous-marine, comme aussi pour la côte de la région précédente. Il est d'ailleurs à noter que la courbe bathymétrique de 4000 m. longe précisément la côte du cap Corrientes à l'isthme de Tehuantepec.

1	Acapulco	306	15	Cuautepec	2
2	Marcos (S.)	37	16	Azoyù	1
3	Dos Caminos	31	17	Catalina (Rio de S.)	1
4	Zihuatanejo	15	18	Coyuca	1
5	S. Luis de Guerrero	11	19	Cuajiniquilapa	1
6	Dos Arroyos	9	20	Pascata	1
7	Ayutla	8	21	Petatlan	1
8	S. Luis Allende	8	22	Puerto de Oro	1
9	Mazatlan	8	23	Quitlapa	1
10	Altos de Camarron	7	24	Real de Guadalupe	1
11	Tecpam de Galeana	6	25	Tepelixtla	1
12	S. Jeronimo	4	26	Xocutla	1
13	Omotepec	4	27	Ystapa	1
14	Igualapa	3			

Versant Pacifique de la baie Banderas au Guatémala-Régions (I, II, III, VI, XI) ; i = 99,47 ; s = 45,8 kil.

III. Vallée de Rio Mexcala.

48 localités et 457 séismes.

i (1878-1889; 1895-1899.5) = 21.75 ; s = 53.8 kil.

Cette région très nettement définie au point de vue géographique confine au sud à la précédente. Elle est ensuite limitée : à l'est jusqu'à Teposcolula par la Sierra Chicahuaina qui la sépare de la première région et par le massif entre Tepeji et Tehuacan ; au nord jusqu'à Ario; à l'ouest par le Rio de las Balsas. Les environs de Chilpancingo; la Mixteca occidentale, le centre de Mexcala à Cuernavaca et enfin la rive gauche du Rio de las Balsas sont les parties les plus instables. Les secousses de ces trois premières régions se propagent souvent des unes aux autres et à Mexico ou Orizaba. Les environs du Jorullo sont restés stables depuis le paroxysme qui a donné naissance à ce volcan.

On a déjà fait observer que la portion vraiment instable du Mexique se compose de ces trois premières régions et des environs d'Orizaba et de Tehuacan, c'est-à-dire en définitive du rebord abrupt du plateau central.

Cette région a connu d'importants séismes.

1	Chilapa	145	9	Tlapa	10
2	Jorullo (S. Pédro de —)	61	10	Aguas Blancas	9
3	Chilpancingo	40	11	Ignala	8
4	Mixteca (La — occidentale)	24	12	Atlixtac	7
			13	Xochitepec	7
—	Mexcala (vallée du Rio —)	17	14	Ahuacatzingo	6
			15	Ario	5
5	Teposcolula	15	16	Tacambaro	5
6	Coahuayutla	13	17	Tenancingo	5
7	Tixtla	12	18	Tetecala	5
8	Tlaxiaco	11	19	Huajuapam	4

20	Juxtlahuaca	3	34	Huamuxtitlan	1
21	Alcozauca	2	35	Matamoros Izucar	1
22	Cuernavaca	2	36	Metlatonoc	1
23	Huitziltepec	2	37	Petatlan	1
24	Silacoyapam	2	38	Tamazulapa	1
25	Taxco	2	39	Tetipac	1
26	Teleloapam	2	40	Tlahuapa	1
27	Zumpango	2	41	Tlalchapa	1
28	Acatlan	1	42	Totoltepec	1
29	Amacuzac	1	43	Valle	1
30	Atlixco	1	44	Yautepec	1
31	Carrizal (El —)	1	45	Zacuapam	1
32	Chila	1	46	Zirandaro	1
33	Cutzarandiro	1			

Mexique central.
Régions (IV, V, X, XV), $i = 127,04$; $s = 54,4$ kil.

IV. Plateau central ou de Mexico.

18 localités et 339 séismes.

i (1644-1798, 1784-1805; 1844-1899,5) $= 1,57$;
$s = 58,3$ kil.

Cette région a une sismicité assez voisine de celle de la précédente. Ce chiffre de 58,3 kil. doit cependant être considéré comme erroné par excès. car faute de renseignements suffisants il n'a pas toujours été possible de faire le départ entre les secousses propres à la région et celles venues des trois premières, ce qui est presque toujours le cas. Mexico a abusé de sa position de capitale pour accaparer à son profit les tremblements venus d'ailleurs. Sa réputation d'instabilité propre, est donc usurpée. Puebla ressent surtout les secousses venues de l'Orizaba. Les autres centres d'ébranlement se répartissent au sud de la région, par conséquent au nord du rebord méridional externe de la cuvette. La région est

limitée par ce rebord de Toluca à Atotonilco par Tepeji et Jalacingo et au nord-ouest par une ligne moins bien déterminée de Toluca à Atotonilco par Tula. Mexico a subi de graves désastres, mais, il faut encore le répéter, dûs à des chocs venus d'ailleurs.

1	Mexico	279	10	Amecameca	1
2	Puebla	14	11	Ayapango	1
3	Tlaxcala	14	12	Chiautla	1
4	Nopalocan	6	13	Esperanza	1
5	Huejotzingo	5	14	Ojo de Agua	1
6	Cuautinchan	4	15	Tacubaya	1
7	Chalchicomula	3	16	Tecamachalco	1
8	Huamantla	3	17	Tlacupam	1
9	Toluca	2	18	Tlaltenango	1

Versant Pacifique du fond du golfe de Californie au Guatemala.

Régions (I, II, III, VI, VIII, IX, XI) $i = 117,32$; $s = 66,6$ kil.

V. Chapala.

30 localités et 485 séismes.

i (1872-1893) $= 17,59$; $s = 83,4$ kil.

Cette région comprend le haut bassin du Rio Grande de Santiago, et par suite le bassin du lac de Chapalà. Elle a pour limites : à l'ouest la sierra del Navarit entre San Luis et le défilé du Rio Grande en amont de Zapote, puis la Cordillière côtière jusqu'à Cocula ; au sud jusqu'à Toluca, cette même Cordilère qui la sépare des régions III et XI ; à l'est et au nord la ligne, peu accentuée du reste, de partage des eaux entre les deux océans sur le plateau central par Queretaro, San Luis de la Paz, Zacatecas et la sierra de Corrales, Guadalajara et San Cris-

tobal d'une part, puis d'autre part le rebord septentrional de la Cordillère côtière, ou le versant gauche, et rapproché des montagnes du Rio Grande de Cocula à Tlalpujahua, surtout vers Urareo, sont les parties les plus instables. Guanajuato est plutôt remarquable par des bruits sismiques. Les désastres n'ont pas manqué à Guadalajara et ses environs.

1	San Cristobal	209	17	Estanzuela (Sanchez Roman)	1
2	Guadalajara	106	18	Iturbide	1
3	Ucareo	68	—	Jalisco (Etat de —)	1
4	Guanajuato	48	19	Juan (S. — de los lagos)	1
5	Tlalpujahua	12	20	Leon (Etat de —)	1
6	Chapalà (région de —)	5	21	Luz (la —)	1
7	Chapalà (côte nord du lac de —)	4	22	Ocotlan	1
8	Morelia	4	23	Piedad (la —)	1
9	Patzcuaro	4	24	Silao	1
10	Jerez	2	25	Teocuicatlan	1
11	Zacatecas	2	26	Tepatitlan	1
12	Zapopan	2	27	Tequaila	1
13	Zinapecuaro	2	28	Zacoalco	1
14	Aguas Calientes	1	29	Zamora	1
15	Atotonilco	1			
16	Cocula	1			

VI. Tonala.

3 localités. 5 séismes.

$$i(1897\text{-}1899{,}5) = 1{,}20\, s = 84{,}9 \text{ kil.}$$

Cette région pour laquelle le nombre d'années d'observations est bien insuffisant, s'étend le long de la côte au sud de la Cordilière côtière très surbaissée de l'isthme de Tehuantepec à la frontière Guatémaltèque entre la Barras de Ocos et le volcan de Tajamulco. Il est probable que les tremblements signalés viennent de

Quetzaltenango dans le Guatémala, de sorte que la sismicité de 84,9 kil, soit très erronée par excès.

1	Tapachula	2	3	Tapam	1
2	Tonalà	2			

VII. Orizaba.

23 localités, 2102 séismes.

i (1845-1849. 1878-1884, 1887-1890. 1895-1899,5) = 5,61. s = 92,4 kil.

Cette région occupe le rebord oriental du plateau central de Jalacingo à Tepeji et le flanc septentrional de la Cordilière interocéanique de ce point à l'isthme de Tehuantepec. Confinant aux régions I, III et IV, elle est séparée du Tamaulipas par une ligne conventionnelle de Jalacingo à Mizantla et du Coatzacoalcos par le pied des avant-monts de la Punta Anton Lizardo ou Punta Collol jusqu'à la Sierra Albricias. Sa partie la plus instable est le flanc du plateau central de Jalapa au Cerro San Felipe surtout dans la Mixteca orientale de Tehuacan à Nochixtlan. Quoique cette partie plus instable ait subi quelques graves séismes, la stabilité propre en est cependant relativement assez grande, beaucoup de chocs ressentis lui venant de la Mixteca occidentale ou de l'Oaxaca. Orizaba figure pour 1954 séismes, dont 1906 sont le résultat des observations microséismiques de Carlos Mottl depuis 1887, et dont la plupart ont en réalité une origine extrarégionale. Je ne connais que 48 secousses sensibles à l'homme, ou macroséismes, pour cette ville.

A cette région se termine la partie véritablement instable du Mexique.

1	Orizaba	1964	13	Teotitlan	3
2	Mixteca orientale	48	14	Villa Juarez	3
3	Tehuacan	18	15	Cuicatlan	2
4	Cordoba	15	16	Choapam	1
5	Vera Cruz (La —)	15	17	Huehuetlan	1
6	Felipe (Cerro San —)	7	18	Minas (Las —)	1
7	Huatusco	6	19	Paso del Macho	1
8	Ixtlan	6	20	Pedro (San) Yolox	1
9	Jalapa	6	21	Soyaltepec	1
10	Nochixtlan	5	22	Villa Alta	1
11	Coixtlahuaca	3	23	Zongolica	1
12	Teocelo	3			

Mexique (moins la Californie et le Yucatan),
$i = 149.46$, $s = 99.3$ kil.

VIII. Sonora et Sinaloa.

10 localités et 109 séismes.

i (1887-1893) $= 15,57$; $s = 130,6$ kil.

Cette région qui s'étend sur le flanc occidental du plateau septentrional, des Etats-Unis à Comitaca, a pour limites : le bas Rio Colorado jusqu'a la frontière yankee ; cette frontière jusqu'à Fronteras : le rebord oriental de la Cordilière par la Sierra de Carcay, le mont Bufa et la Sierra del Oro jusqu'au plateau de Ventanas ; la ligne de hauteurs de la rive gauche du Rio Piastla. En somme assez stable elle présente cependant deux centres importants, mais très limités, d'ébranlement, Bacerac et Bavispe d'une part, Nogales de l'autre ; le premier, qui a été le théâtre de tremblements nombreux et graves, est peut-être compliqué de phénomènes volcaniques.

1	Bacerac	45	6	Alamos	1
2	Bavispe	34	7	Hermosillo	1
3	Nogales	18	8	Moctezuma	1
4	Guaymas	5	9	Quceobabi	1
5	Fronteras	2	—	Sonora (Etat)	1

Versant Pacifique du fond du golfe de Californie à la baie Banderas.

Régions (VIII, IX): $i = 17,85$; $s = 132,3$ kil.

IX. Ceboruco.

6 localités et 36 séismes.

i (1875-1888) $= 2,28$; $s = 142,8$ kil.

Cette région, confinant à la précédente, la continue vers le sud sur le versant occidental de la Cordillière côtière de San Luis à Cocula par la Sierra del Navarit et est bornée au sud par la ligne de hauteurs qui longeant la rive gauche du Rio Ameca rejoint le Pacifique au fond de la baie Banderas. Elle est très stable. On y remarque un petit centre d'ébranlement vers Jala et Ahuacatlan, mais qui paraît indépendant du volcan voisin, le Ceboruco.

1	Jala	14	4	Mazatlan	4
2	Ahuacatlan	9	5	Acaponeta	2
3	Ceboruco (environs du —)	6	6	Ameca	1

X. San Luis Potosi et Queretaro.

18 localités et 75 séismes.

i (1886-1899,5) $= 3,33$; $s = 154$ kil.

Cette région située sur le plateau central s'étend entre le talus oriental interne de ce plateau de Galéana à Mete-

titlan et la limite orientale du Chapalà sismique. Elle confine au sud à l'Anahuac sismique de Metetitlan à la Bufa. Enfin au nord elle est limitée de Galeana à Matehuala par une ligne assez conventionnelle et de ce dernier point à San Luis Potosi par la ligne de hauteurs nord-sud qui passe à l'est de Venado. Très stable elle ne présente qu'un centre notable d'ébranlement, celui de Las Norias. De rares séismes importants.

1	Las Norias	18	10	Peñamiller	3
2	Tula de Tamaulipas	14	11	Catarina (Santa)	2
3	Jacala	8	12	Cerritos (Los)	2
4	Ciro (S.)	4	13	Corcobada (La)	2
5	Cindad Galeana	3	14	Queretaro	2
6	Doctor Arroyo	3	15	Tancanhuiz	2
7	Iturbide	3	16	Pichacos	1
8	Landa	3	17	Pinal de Amoles	1
9	Mier y Noriega	3	18	El Pozo	1

XI. Colima.

20 localités et 189 séismes.

$i\,(1885\text{-}1899.5) = 18{,}88;\ s = 194{,}1$ kil.

Cette région confine aux régions III, V et IX, et s'étend sur le flanc occidental de la Cordilière Pacifique de la baie Banderas au Rio de las Balsas. Elle est surtout instable entre ce fleuve et le volcan Colima. On voit que l'activité de ce volcan n'a pas suffi à lui donner une bien grande sismicité. Zapotlan et ses environs ont cependant subi quelques catastrophes.

1	Colima	100	6	Coalcoman	4
2	Zapotlan (Ciudad Guzman)	30	7	Mascota	3
3	Aquililla	13	8	Tecalitlan	3
4	Manzanillo	12	9	Tepalcatepec	3
5	Sayula	6	10	Apatzingan	2
			11	Autlan	2

12	Cruces	2	17	Ixtlahuacan	1
13	Tancitaro	2	18	Taretan	1
14	Bramador (El —)	1	29	Tecolothan	1
15	Cohayuana	1	10	Tonilà	1
16	Gabriel (San —)	1			

Versant atlantique du Rio Bravo ou Grande del Norte à la Laguna de Terminos.

Régions VII, XII, XIII et XVI.

$i = 7.83$; $s = 198.3$ kil.

XII. Chiapas et Tabasco.

8 localités et 26 séismes.

i (1872-1887, 1897-1899,5) $= 1,13$; $s = 216,1$ kil.

Cette région s'étend sur l'Atlantique entre la Laguna de Terminos et la baie Tonalà à l'embouchure du Rio Tancocha en s'appuyant au sud à la Cordilière côtière surbaissée du Tajamulco à San Mateo. Elle a ensuite pour limite orientale la frontière Guatémaltèque du Tajamulco à Kantus sur le Rio San Pedro, puis la rive gauche de ce fleuve, et pour limite occidentale l'assez indécise ligne de partage des eaux des Rios Grijalva et Tancocha. Seul le centre de la région, Tuxtla, San Cristobal et Tacotalpa, présente un peu d'instabilité.

1	Tuxtla Gutierrez	13	5	Tabasco	2
2	San Cristobal de las Casas	4	6	Huimanguillo	1
3	Chiapa de Corso	2	7	Pichucalco	1
4	San Juan Batista (Villa Hermosa)	2	8	Tacotalpa	1

XIII. Coatzacoalcos.

4 localités et 8 séismes.

i (1871-1890) $= 0,65$; $s = 220,2$ kil.

Cette région atlantique s'appuie à la ligne interocéa-

nique de partage des eaux de Tarifa à Zintalapa et confine à l'ouest et à l'est aux régions VII et XII. Elle est extrêmement stable, malgré les velléités d'activité plusieurs fois réitérées du volcan San Andres Tuxtla, dont les mugissements sont célèbres dans le pays.

1	Minatitlan	4	3	Acayucan	1
2	Chimalapa	2	4	Andres (S.) Tuxtla	1

XIV. Basse ou vieille Californie.

8 localités et 45 séismes.

i (1852-1857 ; 1870-1871 ; 1878-1892) = 1,61 ; s = 294,1 kil.

Cette région se définit d'elle-même et est séparée de la Sonora par le bas Rio Colorado jusqu'à la frontière des Etats-Unis. Malgré l'insuffisance de renseignements sur un pays aussi peu avancé et même partiellement encore mal exploré, il est certain que cette région est très stable. Une petite aire d'ébranlement s'étend de Loreto à Moleje. Des phénomènes volcaniques mal connus se présentent dans les montagnes de Las Virgenes et dans le pays des Indiens Cocopas au nord. Santo Thomas et Descanso ressentent des secousses venues du sud de la Californie méridionale (San Diego et environs).

1	Moleje	26	5	Tomas (S.)	2
2	Loreto	10	—	Californie (Côte de la —)	1
3	Carmen (I.)	2	6	Descanso	1
4	Todos Santos	2	7	Paz (La —)	1

XV. Désert de Mapimi

15 localités et 34 séismes.

i (1880-1887) = 1,82 ; s = 464,7 kil.

Cette région très bien définie géographiquement com-

prend le bassin intérieur plus ou moins désertique dont les eaux ne s'écoulent vers aucun des deux océans. Ses limites sont à l'ouest et à l'est les deux rebords montagneux du bassin, au nord la frontière yankee et le Rio Bravo de Fronteras à Paso del Norte ou Bravos et le presidio de San Vicente, tandis qu'au sud elle confine aux régions V et X. Elle est en général très stable.

Les centres d'ébranlement, assez peu notables d'ailleurs, s'échelonnent sur le versant oriental du rebord occidental entre Chihuahua et Durango.

1	Cerro Gordo	6	9	Conchos	1
2	Parral	6	10	Cuencamé	1
3	Jalisco	4	11	Juan (S.) del Rio	1
4	Avino	3	12	Lerdo	1
5	Durango	3	13	Méoqui	1
6	Chihuahua	2	14	Nazas (Cinco Señores)	1
7	Real del Oro	2	15	Satevo	1
8	Ciudad Bravos (Paso del Norte)	1			

XVI. Tamaulipas.

9 localités et 10 séismes.

$i\,(1880\text{-}1887) = 0{,}44$; $s = 631{,}4$ kil.

Cette région, extrêmement stable, s'étend sur le rebord oriental du plateau septentrional de l'embouchure du Rio Bravo ou Grande del Norte à Mizantla. Les séismes connus ont été ressentis sur la limite occidentale de la région, c'est-à-dire près du rebord du plateau et loin de l'océan.

1	Linares	2	6	Huejutla	1
2	Chicontepec	1	7	Montemorelos	1
3	Gutierrez Zamora	1	8	Papantla	1
4	Huanchinango	1	9	Tlapacoyan	1
5	Huantla	1			

XVII. Océan pacifique.

4 localités et 5 séismes.

Il est probable, çomme on l'a déjà indiqué, que le pied du talus de 4000 m. de profondeur, voisin de la côte entre le cap Corrientes et l'isthme de Tehuantepec, est le siège de séismes importants qui se font sentir dans les régions littorales voisines (I et II) et même dans d'autres plus éloignées, IV, V et VII. Par contre l'Océan Atlantique dans le golfe du Mexique est d'une stabilité absolue.

1 Acapulco (au large d'— 1
2 Revillagigedo (près et au sud des îles —) 1
3 Clarion ou Santa Rosa (à six milles au sud de de l'île 1
4 Tres Marias (îles —) 1

On connaît en outre 56 séismes généraux ou mal déterminés, dont 8 pour des localités non identifiées.

Vannes, le 4 décembre 1899.

LES
VARIATIONS DE LONGUEUR DES GLACIERS
DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET BORÉALES

PAR

Charles RABOT

(Suite [1].)

Nigardal.

Glacier de Nigard (*Nigarbræ*).

Longueur ; 6 kil. ; largeur : 780 m. Alt. du front, en 1868 : 242 m.

Ce glacier a subi, comme ceux du Krondal, une crue affectant le caractère d'un cataclysme pendant le premier tiers du XVIII[e] siècle.

Les habitants du Nigardal ayant, comme les indigènes de Bergsæt, réclamé une diminution d'impôts à la suite de l'envahissement de leurs terres par le glacier, en 1742[2].

[1] Voir *Archives*, t. VII, avril 1899, p. 359; juin, p. 557; t. VIII, juillet, p. 62; août, p. 156; septembre, p. 271; octobre, p. 321; novembre, p. 453; décembre, p. 566; t. IX, février 1900, p. 162.

[2] D'après les auteurs norvégiens Smith (*Loc. cit.*, II, 2, p. 50) et Bohr (*Loc. cit.*). Bohr a pris connaissance du procès-verbal : la date qu'il indique est donc, suivant toute vraisemblance, exacte. L. de Buch, qui, probablement, n'a connu les faits que par la tradition, indique, à tort, croyons-nous, pour le voyage des fonctionnaires dans le Nigardal, la date de 1744.

le *Sosenskriver* et le *Foged* se rendirent également dans leur vallée et rédigèrent un procès-verbal descriptif qui a été conservé dans les archives de Bergen.

« En 1742, le glacier se trouvait à cent *alen* (60 m.) du *gaard* le plus élevé. Lors de la seconde visite des fonctionnaires, un an après jour pour jour, les bâtiments de ce *gaard* gisaient renversés par le progrès des masses de glace. Les années suivantes, le glacier s'approcha également du *gaard* du Björkhaugen et en recouvrit les champs[1].

L. de Buch (*Loc. cit.*, p. 22) raconte l'événement à peu près dans les mêmes termes. Le célèbre naturaliste allemand et Ch. Smith n'ont connu ces faits que par la tradition [2]. Bohr a, au contraire, pris connaissanc du procès-verbal rédigé par les autorités. D'après ce naturaliste, le document en question s'exprime ainsi sur la crue de 1742 :

« A Elvekrogen [3], le glacier s'était allongé de 640 pieds (198 m.) et élargi de 448 pieds (138 m.). De Melvir [4], il s'était également approché jusqu'à une distance de 40 pieds (12,50 m.) sur le côté. Plusieurs maisons étaient déjà abandonnées depuis quatre ans et la hauteur du glacier était de 280 pieds. Suivant les déclarations de plusieurs hommes, le glacier avait recouvert le sol sur une distance d'un quart de mille (2800 m.) »

[1] Ch. Smith, *Loc. cit.*, p. 50.

[2] Ch. Smith rapporte que la relation de ces phénomènes se trouve consignée dans un procès-verbal conservé aux archives de Bergen qu'il n'a pu voir.

[3] *Gaard* situé dans le haut de la vallée sur le côte droit, près du torrent, d'après Ch. Smith.

[4] *Gaard* plus éloigné de la rivière.

D'après la tradition [1], le glacier aurait renversé un *gaard* appelé Nigard. Bohr rapporte qu'une femme âgée de 92 ans, morte en 1810, racontait être allée souvent jadis à cette ferme. « D'après ses dires et celles de plusieurs indigènes, la ferme qui porte actuellement ce nom et qui est située au pied de la montagne Skarvenaas aurait été édifiée après la destruction de l'ancien Nigard. »

En 1820, Bohr recueillit plusieurs témoignages confirmant les affirmations du procès-verbal et la tradition. « Il y a trente ans (c'est-à-dire en 1790), raconte-t-il, un paysan, nommé Klaus Elvekrogen, découvrit au milieu de la moraine le toit d'une maison. Plusieurs indigènes affirment avoir vu différents meubles et ustensiles en bois, charriés par le torrent et provenant de dessous le glacier [2]. »

Le Nigardsbræ aurait été en crue jusqu'en 1748 [3]. Depuis il a progressivement reculé.

Le 14 juillet 1820, Bohr trouva la partie centrale du front de ce glacier distante de 1726 pieds (535 m.), en ligne droite, de la moraine de 1742, située vis-à-vis Elvekrogen.

A cette date, « les parois arrosées du Skarvenaas au nord et du Kampen au sud montraient que jadis son épaisseur était de deux cents pieds (62 m.) plus grande qu'en 1820 [4]. »

En 1824, d'après Naumann, le glacier était situé à 2000 pieds (620 m.) de la moraine, marquant le terme

[1] Bohr, *loc. cit.*, p. 70. L. de Buch, *loc. cit.*, p. 22. Forbes, *loc. cit.*, p. 169.

[2] Bohr, *loc. cit.*, p. 91.

[3] Chr. Smith, *loc. cit.*, p. 57.

[4] Bohr, *loc. cit.*, p. 91.

de 1742. De 1820 à 1824, le recul avait donc été de 274 pieds (84 m. environ).

En 1845, Durocher trouva le front du glacier à environ 700 mètres de cette moraine. Dans l'espace de vingt-et-un ans, la diminution de la longeur avait donc été peu considérable (80 mètres)[1].

En 1851, lors de la visite de Forbes, le recul continuait, mais le naturaliste écossais n'indique pas la distance existant, à cette date, entre le glacier et la moraine, du XVIIIe siècle. Il se borne à dire que cette distance, au moment de son passage, était plus grande qu'en 1845[2]. A cette époque, les traces de l'ancienne extension du Nigardsbræ étaient très fraîches. Suivant l'expression de Forbes, elles étaient aussi distinctes, si ce n'est plus, que la ligne marquée sur les plages par les marées d'équinoxe.

En 1868, le glacier était en progression[3]. Dix ans plus tard, la distance du front du glacier à la moraine du dix-huitième siècle était évaluée par Holmström à mille mètres[4].

Résumé. — Antérieurement à 1738, début d'une crue considérable dépassant l'amplitude d'une variation périodique. A cette date, le glacier s'est allongé de 2800 m. environ. Jusqu'en 1748, persistance de la crue. De 1748 à 1878, recul lent mais continu, interrompu vers 1868 par une phase de progression secondaire. A partir de 1878, le régime du Nigardsbræ est inconnu.

[1] Durocher, *loc. cit.*, p. 104.
[2] Forbes, *loc. cit.*, p. 169.
[3] C. de Seue, *loc. cit.*, p. 15.
[4] L. Holmström, *loc. cit.*, p. 15.

c. Jostedal.

Glacier de Björnsteg (*Björnstegbræ*[1]).

D'après Bohr, durant le premier tiers du XVIII[e] siècle, ce glacier a éprouvé également une crue énorme dont l'extension est nettement marquée par des moraines. A cette époque, il débouchait dans le Jostedal et barrait le cours du Jostedalselv.

« A seize ou dix-huit cents pieds (500 ou 550 m.) du point le plus extrême du glacier, et, à soixante pieds au-dessus (18,50 m.), écrivait Bohr en 1820, se trouve un chemin dallé par lequel les paysans gagnaient leurs chalets, il y a environ quatre-vingt ans. Cette date concorde avec celle indiquée plus haut pour les terribles ravages exercés par le glacier de Nigaard. A cette époque, le glacier de Björnsteg avançait avec une force si terrible que les montagnards, partis pour les chalets, purent à grande peine s'ouvrir un passage à la hache à travers les puissants rejetons qu'il avait poussé en avant dans l'espace de quelques jours[2]. »

En 1820, d'après Bohr, l'extrémité inférieure du glacier de Björnesteg était située à l'altitude de 1330 pieds norvégiens[3] (412 m.).

2° *Glacier du Faabergstöl* (*Faabergstolbræ*).

Longueur : 4 kil. ; largeur, dans sa partie inférieure : 450 m. ; altitude de son front, en 1868-1869 ; 463[4].

[1] Glacier du rôti de l'ours.
[2] E. Bohr, *loc. cit.* p. 92.
[3] *Ibid.*, p. *ibid.*
[4] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 15.

Au siècle précédent, de même que les courants voisins ce glacier a éprouvé une crue considérable. « De puissantes moraines frontales, en forme de demi-cercle, s'étendent en aval de son extrémité inférieure jusqu'au torrent qui parcourt le Jostedal (la grande vallée ouverte l'est du massif) et indiquent qu'il a atteint cette rivière, peut-être même l'a barré[1] ». Les traces de ce barrage ont été également relevées par Durocher [2].

En 1824, d'après Nauman, le front du Faabergstolbræ se trouvait « à quatorze cents pas » de ces moraines. En 1845, Durocher estimait son recul depuis l'époque du maximum survenu au XVIIIe siecle à 6 ou 700 m. [3].

Glacier de Lodal (Lodalsbræ).

L'émissaire le plus considérable du Jostedalsbræ, formé par la réunion des quatre courants principaux et de plusieurs glaciers suspendus qui descendent des plateaux supérieurs.

Longueur : 9 kil.; largeur, dans sa partie supérieure : 1200 m., dans sa partie inférieure : 600 m. : altitude de son extrémité inférieure, en 1868-1869 : 628 m.

D'après Bohr et Holmström, la position des moraines situées en avant du glacier indiquent qu'au XVIIIme siècle, il a éprouvé une crue d'une grande amplitude.

En 1820, son front se trouvait éloigné de 1700 pieds (527 m.) des moraines datant de cette phase de maximum [4].

En 1824, d'après Naumann, son extrémité inférieure

[1] L. Holmström, *Loc. cit.*, p. 19.
[2] *Loc. cit.*, p. 104.
[3] *Ibid.* p. *ibid.*
[4] Bohr, *Loc. cit.* p. 93.

était située à l'altitude de 1835 pieds, soit d'environ 550 m. A cette époque, il était précédé de deux enceintes morainiques[1].

En 1845, Durocher évaluait le recul du Lodalsbræ depuis la moraine du XVIIIme siècle à 6 ou 700 m.[2].

En 1869, de Seue signale une crue[3] sur ce glacier comme sur presque tous ceux du Jostedalsbræ. Cette progression a été de courte durée; en 1878, le Lodalsbræ était depuis quelques années en retrait. Le recul toutefois avait été peu important[4].

VERSANT SEPTENTRIONAL

Bassin du Löenvaud.

1° *Glacier de Bödal* (*Bödalsbræ*).

En retrait depuis vingt ans[5] (1896).

2° *Glacier de Kjensdal* (*Kjensdalsbræ*).

A une date inconnue, ce glacier a atteint une plus grande longueur. A trois ou quatre cents mètres du point où il se terminait, en 1895, se trouvaient d'anciennes moraines latérales couvertes de végétation. Les différences que l'on observait dans l'aspect de la végétation en deçà et au delà de ces monticules indiquaient que la glace s'est étendue jusque là.

En 1895 à six ou dix mètres du front du glacier on voyait une moraine frontale toute récente[6].

Donc, a cette date, état stationnaire.

[1] Naumann, *Loc. cit.*, II, p. 205.
[2] *Loc. cit.*, p. 104 et suivantes.
[3] *Loc. cit.*, p. 17.
[4] Holmström, *Loc. cit.* p. 21.
[5] Communication de M. Greve, vice-consul de France à Bergen.
[6] Richter, *Loc. Cit.*, in *Petermanns Mitteilungen*. V. 1896, p. 108.

Bassin de l'Oldenvand.

1° *Glacier d'Aabrække* (*Aabrækkebræ*).

Longueur : 3 kil ; largeur : 400 m. ; altitude du front, en 1869 : 266 m. [1].

Vers 1728, d'après la tradition, l'Aabrækkebræ aurait également éprouvé une crue anormale. » Il paraît, rapporte C. de Seue [2], que le glacier d'Aabrække ne s'est présenté comme glacier de premier ordre que depuis 150 ans. Son mouvement progressif doit alors avoir été assez rapide, et, en s'avançant il a ravagé une grande partie des champs cultivés ou cultivables, à cause de quoi les impôts de la propriété d'Aabrakke et de plusieurs autres terres ont été considérablement abaissés ».

Si le fait est exact, — et les phénomènes du même genre observés sur les glaciers du versant méridional le rendent très vraisemblable, — l'Aabrækkebræ n'aurait pas subi depuis cette époque de variations de longueur importantes.

En 1895, la largeur de la zone morainique qui le précédait ne dépassait pas 200 m., et, en avant de cette bande de terrain, se rencontrait une « végétatation touffue, très ancienne [3] ».

En 1869, après avoir été longtemps en retrait, l'Aabrækkebræ éprouva une crue [4]. Depuis, il aurait été

[1] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 18.
[2] *Ibid.* p. *ibid.*
[3] Richter, *Loc. cit.*, in *Petermanns Mitteilungen*, 1896, V., p. 108.
[4] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 208.

en recul, mais ce retrait a été peu important, puisqu'en 1895 son front se trouvait seulement à 200 m. des moraines du XVIIIe siècle.

2° *Glacier de Brigsdal (Brigsdalsbræ).*

Longueur : 3 kilomètres ; largeur : 3 à 600 m. ; alt. de l'extrémité inférieure, en 1869 : 326 m [1].

Comme son voisin l'Aabrækkebræ, le glacier de Brigsdal n'a pas subi de variations de longueur importantes. « A deux cents mètres de son extrémité inférieure (1895), se trouvent des taillis et des bois âgés de plusieurs siècles [2]. »

En 1869, après une longue période de retraite très peu accentuée, le Brigsdalsbræ s'allongea [3], puis, vers 1873, entra de nouveau en décroissance [4]. Cette nouvelle phase dura environ vingt ans. En 1894-1895, et peut-être également en 1896 il a subi une légère crue [5] mais depuis s'est retiré.

« D'avril à août 1898, m'écrit M. Bing, son front a reculé d'environ dix mètres. Ce glacier avance généralement en automne. L'hiver de 1897 et l'été de 1898, des neiges très abondantes étant tombées sur le Jostedalsbræ, peut-être, en 1899, observera-t-on une progression ? La décroissance est toujours beaucoup plus rapide que son allongement. »

[1] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 18.

[2] Richter. *Loc. cit.* in *Petermanns Mitteilungen*. 1896, V, p. 108.

[3] C. de Seue, *Loc. cit.* p. 18.

[4] Communication de M. K. Bing, de Bergen.

[5] Communications de M. Greve, vice-consul de France à Bergen et de M. K. Bing de Bergen.

Le Brisdalsbræ est remarquable par sa propreté ; à peine y voit-on une pierre. Aussi bien, n'observe-t-on sur ses bords que des traces de moraines. Tel était du moins le cas en 1895 [1].

3° *Glacier de Melkevold (Melkevoldsbræ).*

Longueur : 2 kilomètres ; largeur 200 m. ; alt. de l'extrémité inferieure, en 1869 : 305 [2].

Comme le glacier d'Aabrække, celui de Melkevold ne paraît pas avoir subi d'importante variation de longueur. La zone morainique stérile qui le précède est large seulement de 200 m. [3]

En 1869, après une période de décroissance, il semble avoir éprouvé une progression [4]. En 1895, Richter a cru reconnaître les indices d'un recul, peu accusé, il est vrai. Les indigènes affirment qu'il est en retrait depuis vingt ans [5], retrait d'ailleurs très peu sensible.

II. Contreforts de la nappe principale du Jostedalsbræ.

VERSANT NORD

1° Massif du Snenipa.

Glacier d'Aamot (Aamotbræ)

Ce glacier a été affecté par une crue considérable à

[1] Richter. *Loc. cit.* p. 108.
[2] C. de Seue, *Loc. cit.* p. 18.
[3] Richter, *Loc. cit.* in *Petermanns Mitteilungen*, 1896, V, p. 108.
[4] C. de Seue, *Loc. cit.* p. 18.
[5] Communication de M. Greve, vice-consul de France à Bergen.

une époque anterieure. « Il est procédé par des enceintes morainiques très nettes au nombre de six à neuf, la dernière située à 6 ou 800 m. de son extrémité inférieure[1]. » (1895).

L'Aamotbræ paraît actuellement en progression ou tout au moins avoir progressé récemment[2]. » (1898).

2° Grovbræ.

Branche la plus orientale.

En 1898, ce glacier était en crue, semble-t-il, ou en tout cas, avait récemment avancé[3].

C. MASSIFS GLACIAIRES AU NORD-EST DU LODALSKAAB.

1° Massif entre le Lodalskaab et la vallée de l'Otta

Versant sud

Bassin du Jostedal.

Glacier de Stegeholt ou de Trangedal (*Stegeholtbræ*).

Longueur : 3 kilomètres ; largeur : 300 m. ; alt. du front en 1869 : 628 m.[4].

Ce glacier ne semble pas avoir subi de grandes variations de largeur depuis une très longue période. En 1822,

[1] Richter. *Loc. cit.* in *Petermanns Mitteilungen* 1896. V, p. 108.
[2] Communication de M. K. Bing. de Bergen.
[3] *Ibid.*
[4] C. de Seue. *Loc. cit.* p. 17.

d'après Naumann, à côté de son extrémité inférieure le sol était couvert de végétation, et les moraines s'appuyaient tout contre le glacier [1]. Autant d'indices d'un état de maximum stationnaire. En 1845, cette situation persistait toujours [2].

En 1869 le Stegeholbræ « paraissait en voie de progression. » [3] Dans l'espace de quelques jours, C. de Seue vit son extrémité inférieure avancer d'un mètre environ.

En 1878, L. Holmström visita ce glacier. A cette date, ce voyageur observe également qu'il n'a pas éprouvé de grandes modifications. Depuis l'époque inconnue de son maximum, il s'est retiré seulement de quelques centaines de pieds [4].

Versant nord-est

Bassin du Stynvand

Glacier de Greidung (Greidungsbræ)

Longueur : 5 kilomètres ; largeur dans sa partie supérieure : 500 m. : alt. du front en 1868-1869 : 706 m.[5]

Je n'ai trouvé aucun document relatif à une crue survenue au XVIIIe siècle, D'autre part, les anciennes mo-

[1] Naumann, *Loc. cit.* II, p. 205.

[2] « Le glacier de Trangedal est resté exactement stationnaire, car ses moraines ne s'étendent pas au de là de son extrémité actuelle et autour de lui s'élève une forêt de bouleaux. » Durocher, *Loc. cit.* p. 104.

[3] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 17.

[4] L. Holmström, *Loc. cit.*, p. 21.

[5] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 17.

raines ayant disparu en grand partie[1], il est impossible de reconstituer l'historique de ce glacier.

En 1868 et 1869, après avoir été auparavant en retrait, le Greidungsbræ aurait subi une crue, d'après les renseignements donnés par les indigènes à C. de Seue. Un glacier remanié, affluent de ce courant, aurait également augmenté à cette date[2].

2° Sportegbræ[3]

En 1897, en progression[4] d'après le guide Rasmus Faaberg.

3° Massif a l'est du Fortundal

Steindalsbræ.

« Ce glacier se termine par un escarpement dans l'Ovre Steindalstjern. En 1894, en retraite après avoir beaucoup progressé peu de temps auparavant[5] ».

Résumé des observations sur les massifs du Jostedalsbræ.

Durant la première moitié du XVIIIme, les glaciers du Jostedalsbræ ont été affectés par une crue considérable ayant le caractère d'une véritable invasion et dépassant l'amplitude d'une simple variation de lon-

[1] C. de Seue, *Loc. cit.*, p. 17.

[2] *Ibid.* p. *ibid.*

[3] Massif situé à l'est de l'église de Jostedal.

[4] E.-A. Thomle. *Indberetning om inspektions-og undersögelses-reiser i sommeren 1896.* in *Den Norske Turistforenings Aarbog for 1898.* Kristiania, p. 147.

[5] Y. Nielsen, *Reisehaandbog over Norge*, 8en Udgave, Christiania 1896, p. 182.

gueur. Parmi les vingt-quatre courants pour lesquels nous possédons des observations, ce phénomène a été relevé sur douze. Ce maximum extraordinaire a persisté en 1748 [1]. Depuis le commencement du XIX[e] siècle, s'est manifestée une décroissance lente et continue. Le recul le plus considérable, constaté jusqu'en 1878, a été d'un millier de mètres. Pendant cette période d'autres glaciers sont, au contraire, restés à peu près stationnaires ou tout au moins, ont très peu reculé, tels que l'Aabrækkebræ, le Brigsdalsbræ, le Kjensdalsbræ, le Melkevoldbræ.

En 1868-1869, d'après C. de Seue, une crue s'est manifestée sur presque tous les émissaires du Jostedalsbræ, elle n'a eu, semble-t-il, ni une longue durée, ni une grande extension. Aujourd'hui, d'après le professeur Richter [2], les traces de cette progression ne sont plus visibles. En tous cas, en 1878, tous les glaciers visités par M. L. Homlström étaient dans une phase de décroissance très lente.

Un des plus intrépides membres de l'*Alpine Club*, M. W. C. Slingsby, qui, depuis 1880, a parcouru le Jostedalsbræ dans tous les sens, et qui est certainement une des personnes connaissant le mieux cette région, a l'amabilité de m'informer que, d'après ses observations, de 1880 à 1890 et même jusqu'à 1895, les glaciers de ce massif ont progressé. Cette observation a été confirmée par d'autres voyageurs, notamment pour les glaciers de Brigsdal et d'Aamot, le Grovbræ, pour le Sportegbræ, le Steindalsbræ. Cette nouvelle crue d'une très faible amplitude et d'une durée très courte, ne paraît pas avoir

[1] Ch. Smith, *Loc. cit.*, p. 57.
[2] *Loc. cit.* in *Pettermanus Mitteilungen*, 1896, V. p. 110.

affecté tous les glaciers ; aussi bien, est-elle généralement passée inaperçue des indigènes. Actuellement d'après M. K. Bing, la très grande majorité des émissaires du Jostedalsbræ et des coupoles de glace voisines est en retrait.

Donc, dans le courant de ce siècle, après la grande crue de la période précédente, on a observé, sur les glaciers du Jostedalsbræ, cinq pulsations : deux progressives, l'une vers 1869, l'autre entre 1880 et 1895, et trois régressives : la première du début du siècle à 1868, la seconde de 1870 à 1880, la troisième depuis 1895. Les deux mouvements progressifs n'ont point compensé les mouvements regressifs et la situation s'établit actuellement par une perte, perte peu importante, il est vrai pour la plupart des glaciers.

(*A suivre.*)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

D. FRITZ ELSNER. DIE PRAXIS DES CHEMIKERS BEI UNTERSUCHUNG VON NAHRUNGSMITTELN, GENUSSMITTELN UND GEBRAUCHSGEGENSTAENDEN. LA PRATIQUE DU CHIMISTE POUR L'ESSAI DES ALIMENTS, DES COMESTIBLES ET DES USTENSILES ALIMENTAIRES, 7e édition.

Lorsqu'un livre traitant de matières scientifiques arrive à sa septième édition, on peut être sûr qu'il a de la valeur et est apprécié si ce n'est même nécessaire dans la branche qu'il traite ; celui-ci ne fait pas exception, l'auteur se place surtout sur le terrain de la pratique, laissant de côté toutes les longueurs, il choisit les méthodes d'analyses avec la plus grande compétence dans le sens de la rapidité d'exécution et de l'exactitude. La législation allemande est indiquée avec clarté et des figures en grand nombre facilitent la compréhension du texte.

Revue des travaux faits en Suisse.

H. CAJAR. SUR LES ACIDES O.ALDÉHYDOPHÉNOXYLIQUES (*Berichte* XXXI, 2803, Fribourg).

La tautomérie des acides o.aldéhydiques n'a été étudiée jusqu'ici que sur des corps renfermant un anneau à 5 chaînons. L'auteur a étendu cette étude aux composés dont les anneaux constitutifs contiennent 6 et 7 membres, il a préparé et étudié l'éther éthylique de l'acide o.aldéhydophénylcarbonique et ses dérivés, ainsi que l'acide o.aldéhydophénoxyacétique et plusieurs dérivés.

A. Bistrzycki et H. Simonis. Condensation du nitrile de l'alcool benzylique avec les phénols (*Berichte* XXXI, 2812, Fribourg).

En chauffant le nitrile de l'alcool benzylique avec de l'acide phénique et de l'acide sulfurique à 73 °/₀, les auteurs obtiennent un rendement de 40 °/₀, de la lactone de l'acide o. oxydiphénylacétique, et de 15 °/₀ de l'acide p. oxydiphénylacétique.

Gustave Cramer. λ. Lactones des acides dérivant du phénol (*Berichte* XXXI, 2813 Fribourg).

Grâce à la réaction découverte par Bistrzycki et Simonis (voir ci-dessus), l'auteur a pu préparer et étudier un grand nombre de lactones et de leurs dérivés, entr'autres ceux des lactones : 1° de l'acide o. oxydiphénylacétique, 2° de l'acide phényl. p. crésylacétique, 3° de l'acide phényl. m. crésylacétique.

H. Simonis. Condensation de l'acide phénylglycolique avec le β naphtol, la résorcine et l'orcine (*Berichte* XXXI, 2821 Fribourg).

On obtient des lactones qui ont été étudiées ainsi que quelques dérivés.

E. Bamberger. Sur les soi-disant nitroazoparaffines (*Berichte* XXXI, 2626 Zurich).

Les nitroazoparaffines ne doivent pas être regardées comme des corps azoïques mais bien comme des hydrazones,

$$\text{alk. C}\begin{cases}\text{NO}\\ \text{N = NH. alph.}\end{cases}$$

cependant les sels métalliques de ces combinaisons font exception, car il y a transposition en isonitro et leur formule devient :

$$\text{alk. C}\begin{cases}\text{NO. O. Me}\\ \text{N = N. alph.}\end{cases}$$

Dans la décomposition des nitroazoparaffines par les alcalis, en nitrites et alphylhydrazines β acylées, on a en effet reconnu expérimentalement leur relation avec les hydrazines.

A. Bistrzycki et D.-W. Yssel de Schepper. Sur la p. oxyphénylphtalide et sa transformation en dérivés de l'anthracène (*Berichte* XXXI, 2790 Fribourg).

E. Bamberger et anton v. Goldberger. Oxydation particulière des bases aminées cycliques (*Berichte* XXXI, 2636 Zurich).

On sait que les combinaisons diazoïques o. méthylées se transforment par les alcalis en iz. amidoindazoles ; ces bases par les oxydants sont transformées en oxy. β. phentriazines, le cycle pentaatomique, par l'introduction d'un atome de N se transforme en cycle hexaatomique.

C NH_2 — NH — N devient COH — N — N — N

E. Bamberger, H. Busdorf et B. Szolayski. Action de l'acide chlorhydrique et de l'acide bromhydrique sur les dérivés nitrosés aromatiques (*Berichte* XXXII, 210 Zurich).

L'acide chlorhydrique transforme le nitrobenzène en $C_6H_5N\begin{smallmatrix}OH\\Cl\end{smallmatrix}$ qui s'isomérise en donnant de la p. chlorophénylhydroxylamine. L'action de HBr est tout à fait analogue ainsi qu'avec le p. nitrosotoluène, mais avec ce dernier on obtient en outre des crésols.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 18 janvier 1900.

Amé Pictet. Rapport présidentiel pour 1899. — J. Micheli. Influence de couches superficielles sur le phénomène de Kerr. — V. Fatio. Première partie du volume II des Vertébrés de la Suisse.

M. Amé PICTET, président sortant de charge, donne lecture de son *rapport annuel* sur la marche de la Société pendant l'exercice de 1899. Ce rapport contient les biographies de MM. Ch. Friedel, Gust.-H. Wiedemann et François Lang, membres honoraires de la Société, décédés pendant l'année.

M. J. MICHELI rend compte de ses recherches sur *l'Influence de Couches Superficielles sur le Phénomène de Kerr.*— Le phénomène dit phénomène de Kerr consiste dans la rotation du plan de polarisation de la lumière réfléchie par un miroir métallique (Fe. Ni. Co) placé dans un fort champ magnétique. Il était intéressant d'étudier l'influence de couches superficielles sur ce phénomène pour la raison suivante : Deux théories employant l'une *une* constante « magnéto-optique », l'autre *deux* sont en présence, et rendent toutes deux compte d'une manière satisfaisante des faits observés sur l'acier. Par contre, pour expliquer les faits observés sur le cobalt ou le nickel, une constante ne suffit pas, il faut en employer deux. Mais, d'après les valeurs des constantes optiques données par les observateurs, il fallait conclure que les miroirs de Ni et de Co employés par eux devaient présenter des couches superficielles relativement assez épaisses tandis que les miroirs d'acier en étaient presque complètement exempts. Il s'agissait donc d'examiner, si, en soumettant aux expériences des miroirs de Ni et de Co propres,

une constante suffirait comme pour l'acier. C'est ce qui fut fait, mais le résultat fut négatif, et même dans le cas où les miroirs de Ni et de Co sont propres, la théorie doit conserver deux constantes. Mais, même avec ces deux constantes, certains écarts subsistent. L'on peut, comme quelques considérations théoriques l'ont montré, attribuer en partie ces écarts à l'influence de couches superficielles magnétiques; l'épaisseur de ces couches ne dépasse pas l'ordre de grandeur de $^1/_{15}$ de la longueur d'onde dans l'air de la lumière employée. La lumière employée était blanche, donc λ voisin de λ_D [1].

M. V. Fatio fait hommage à la Société de la *première partie du volume II de sa Faune des Vertébrés de la Suisse.* Ce volume, coupé en deux parties à peu près égales, traite des *Oiseaux de la Suisse* et vient, sous le n° II, prendre sa place naturelle entre les volumes I, des Mammifères, et III, des Reptiles et des Batraciens déjà publiés, ainsi que les volumes IV et V relatifs aux Poissons.

La première partie, que présente l'auteur, compte 839 pages, une carte ornithologique oro-hydrographique coloriée de la Suisse, une planche noire hors texte et 135 figures de détails dans le texte, presque toutes (127) originales d'après nature, et 26 tableaux synoptiques. Elle comprend les ordres des Rapaces, des Grimpeurs, des Percheurs, des Bailleurs et des Passereaux qui embrassent plus de la moitié des espèces, soit 197, sur 360 que l'on rencontre dans le pays, en différentes conditions et circonstances (sans parler de nombreux sous-espèces et variétés).

M. V. Fatio a tenu à faire, non pas un catalogue faunistique, comme on en publie tant de nos jours, mais bien un Manuel d'ornithologie qui puisse être utile, à la fois, à différents lecteurs, ornithologistes ou amateurs. On y trouvera, avec la caractéristique, la biologie et l'oologie de tous nos Oiseaux, la définition des divers groupes auxquels ceux-ci appartiennent et, chemin faisant, la citation de toutes les espèces européennes qui manquent à notre pays.

[1] Pour ce travail, voir ci-dessus, p. 238.

A part quelques Faunes locales, en majorité cataloguées d'espèces signalées dans tel ou tel canton ou partie de canton, nous n'avions pas en Suisse de Faune Ornithologique complète, et force était le plus souvent de s'adresser, pour toutes déterminations, à des ouvrages étrangers qui ne pouvaient rien nous apprendre sur la distribution, l'habitat préféré et les allures particulières de nos Oiseaux, au nord comme au sud des Alpes.

Le besoin se faisait sentir d'un Traité d'ornithologie plus au niveau des connaissances actuelles, dans un pays où les ornithologistes et amateurs d'Oiseaux forment la très grande majorité des zoologistes s'occupant de Vertébrés.

L'auteur a tâché de répondre de son mieux à l'attente de ses collègues et compatriotes.

Séance du 1er février.

Amé Pictet et B. Athanasescu. Synthèse partielle de la laudanosine. — Ch. Eug. Guye. Phénomène de capacité dans un cable triphasé, symétrique et armé. — Pidoux. Le réfracto-réflecteur de M. Schär.

M. le prof. Amé Pictet rend compte de la synthèse partielle d'un alcaloïde de l'opium, la *laudanosine*, qu'il a réalisée en collaboration avec M. B. Athanasescu. Les auteurs ont obtenu la laudanosine en réduisant le chlorométhylate de papavérine et en dédoublant le produit inactif au moyen de la cristallisation fractionnée de son quinate. La modification dextrogyre s'est montrée identique en tous points à l'alcaloïde naturel.

Ce travail paraîtra prochainement in *extenso* dans les *Archives*.

M. Ch.-Eug. Guye expose comment doivent être envisagés les *phénomènes de capacité* dans un câble triphasé, symétrique, armé. Il résulte des équations de l'équilibre électrostatique que si l'on considère dans leur ensemble les phénomènes de capacité soit entre les conducteurs du câble, soit entre ces conducteurs et l'armure, l'effet résultant est le même que si l'on avait branché trois condensateurs de capacité C′ entre chacun des conducteurs et l'armure.

La capacité C′ de l'un de ces condensateurs schématiques est alors égale à $\gamma_{1\cdot1} - \gamma_{1\cdot2}$.

$\gamma_{1\cdot1}$ étant le coefficient de capacité d'un des conducteurs, $\gamma_{1\cdot2}$ le coefficient d'induction électrostatique entre deux conducteurs.

Grâce à cette propriété le graphique du fonctionnement d'un câble industriel triphasé symétrique peut être aisément résolu si l'on connaît les capacités C′ des condensateurs schématiques que l'on supposera branchés sur le point milieu de la canalisation dans une première approximation.

Mais les capacités C′ sont difficilement accessibles à un calcul exact dans le cas des câbles électriques ; le diamètre des conducteurs et la distance qui les sépare étant généralement du même ordre. Par contre elles peuvent être facilement obtenues par l'expérience même si l'on ne dispose pas de courants triphasés.

Il suffit dans ce cas de déterminer séparément $\gamma_{1\cdot1}$ et $\gamma_{1\cdot2}$ au moyen d'une pile et d'un galvanomètre balistique.

M. Pidoux présente une *nouvelle lunette astronomique* imaginée et construite par son collègue M. Schær, astronome-adjoint.

Il fait précéder la démonstration de l'instrument des considérations générales suivantes :

L'installation d'une grande lunette astronomique, d'un grand équatorial par exemple, exige le concours de trois talents différents : celui du fondeur du verre et de l'opticien pour exécuter l'objectif, partie essentielle de l'instrument, celui du mécanicien pour monter l'objectif et ajuster la lunette et enfin celui de l'ingénieur-architecte pour construire le bâtiment destiné à renfermer la lunette et surtout pour édifier la coupole mobile qui couronne l'édifice.

Ces trois genres de travaux n'ont pas progressé dans la même proportion ; en particulier, la construction des coupoles mobiles n'a pas pu suivre la production d'objectifs de plus en plus grands avec des distances focales croissant dans la même proportion. Déjà, pour les grands équatoriaux construits actuellement, le prix de revient des coupoles

est considérablement plus élevé que celui de l'objectif lui-même.

On peut citer comme exemple le grand équatorial de 30 pouces de l'observatoire impérial de Pulkowa [1]. Les crédits absorbés pour l'installation complète ont atteint 300 mille roubles et l'objectif, taillé par Alvan Clark a couté 32 mille dollars. Distance focale 14 mètres. D'après ces chiffres, il est facile de concevoir les difficultés techniques que les Etablissements Eiffel ont dû surmonter pour construire la coupole mobile qui abrite le grand équatorial de l'observatoire de Nice, avec sa lunette de 18 mètres de longueur, ainsi que la dépense faite pour cette œuvre par M. Bischoffsheim.

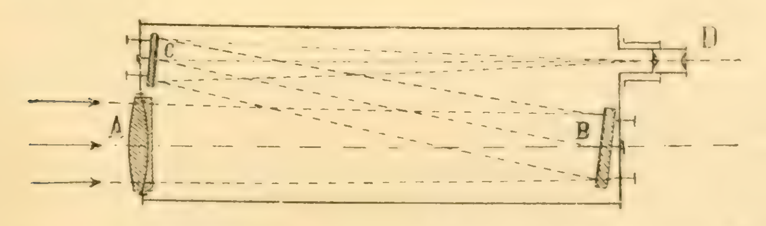
Pour des objectifs plus grands, avec des distances focales considérables, tels que les opticiens peuvent en produire de nos jours, il a fallu abandonner le système suivi jusqu'ici et tourner la difficulté, ce qui a été fait des deux manières suivantes :

1° Au moyen de l'*équatorial coudé* dont le type a été imaginé par M. Lœwy et qui forme un des instruments les plus remarquables de l'observatoire de Paris. L'objectif de 60 cm. est accompagné de *deux miroirs* de 86 cm. et 73 cm. qui ramènent le cône lumineux dans une direction invariable.

2° Au moyen d'*un seul miroir*, monté en sidérostat, qui renvoie les rayons dans une direction invariable. C'est le cas pour la grande lunette de l'Exposition de 1900. Le miroir de 2 mètres de diamètre enverra les rayons sur un objectif de 120 cm. avec une distance focale de 60 mètres.

M. Schär a imaginé un nouveau procédé pour éviter l'inconvénient des grandes distances focales.

La figure ci-après indique schématiquement la méthode employée.



Le cône des rayons lumineux formé par l'objectif A est

[1] Zum 50 Jährigen Bestehn der Nicolaï-Hauptsternwarte, 1889.

arrêté au premier tiers de sa longueur par un miroir plan B légèrement incliné de manière à reporter les rayons sur un deuxième miroir C placé au-dessus de l'objectif. Ce dernier miroir renvoie le cône former le foyer de la lunette dans le voisinage de l'oculaire D.

Il en résulte que la longueur de la lunette ainsi construite n'est que le tiers de la distance focale de l'objectif qu'elle renferme. De plus les miroirs sont situés à l'intérieur de la lunette et ne sont en grandeur que les deux tiers et le tiers de l'objectif lui-même.

Ce principe a été appliqué par M. Schär à une lunette de 2 m. 40 de longueur renfermant un objectif de 162 mm. fait avec des verres de Mantois à Paris. Cet instrument a été transformé en une lunette d'un diamètre évidemment plus grand mais dont la longueur n'est que de 83 cm. Le premier miroir mesure 14 cm. et l'autre 10 cm. Ils ont été taillés dans des dalles de St-Gobain.

Cette modification n'a pas changé la qualité des images fournies directement par l'objectif et la perte de lumière n'est pas sensible à l'œil de l'observateur.

Actuellement, M. Schär taille un objectif de 35 cm. qui fournirait une lunette de 6 m. de long. Le procédé suivi la transformera en une lunette de 2 m., en rendant ainsi maniable un instrument qui autrement aurait exigé une installation spéciale.

En résumé, on peut attendre de ce nouveau procédé les avantages suivants :

1° La facilité de loger sous les coupoles des équatoriaux actuels des instruments ayant une distance focale triple.

2° Pour les instruments méridiens, la faculté de déterminer directement les coordonnées d'objets célestes jusqu'à la douzième grandeur.

3° Enfin, pour le public en général, la facilité d'avoir des lunettes plus puissantes sans être plus encombrantes que les instruments actuels.

Séance du 15 février.

Cailler. Exemple de transformation d'une intégrale multiple. Inversion d'une intégrale. — Duparc et Pearce. Roches éruptives de Menerville en Algérie. — Dutoit et Mortzun. Une formule de tensions de vapeurs. — Battelli. Expériences pour faire rebattre le cœur d'un chien arrêté par les courants électriques

M. Cailler présente deux résultats particuliers empruntés à un travail qui sera communiqué plus tard à la Société. Le premier est un exemple de transformation d'une intégrale multiple contenant une fonction arbitraire en intégrale simple. La transformation s'établit d'une manière indirecte, en montrant que les intégrales vérifient toutes deux l'équation différentielle $\Delta u = \alpha^2 u$ et des conditions limites identiques.

Le second résultat est relatif à l'inversion de l'intégrale

$$\int_0^x \lambda_1(z)\lambda_2(x\text{-}z)dz = f(x)$$ par rapport à l'une des fonctions λ

figurant sous le signe.

L'auteur montre que la méthode donnée par M. Levi-Civita peut être simplifiée dans une large mesure, l'intégrale précédente se ramenant à celle de Fourier à l'aide d'un simple changement de variables.

M. le prof. Duparc rend compte du travail qu'il poursuit en collaboration avec M. le Dr Pearce sur les *roches éruptives de Menerville en Algérie* [1]

P. Dutoit et Mortzun. Sur *une formule de tensions de vapeurs.*

Si l'on remplace le premier terme de la formule de M. Van der Waals,

$$\log p_c - \log p = f\,\frac{T_c - T}{T} \quad \text{par le terme} \quad \sqrt[50]{\frac{p_c}{p}} - 1$$

on obtient une expression légèrement différente, qui ne

[1] Voir *Mémoires de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, t. XXXIII (2me partie).

représente plus aussi bien la courbe entière des tensions de vapeurs, mais qui est plus précise aux hautes pressions. En combinant cette nouvelle fonction avec la formule de M. Bertrand valable pour les basses pressions, on représente ainsi toute la courbe des tensions de vapeur avec une grande précision, et cela sous des formes faciles à manier au point de vue des calculs, et en particulier aisément résolubles en p et en T.

Les vérifications numériques ont été effectuées sur les données expérimentales de MM. Young, Ramsay et Thomas, et se rapportent à une quinzaine de liquides très différents.

M. Battelli, *durée de la survie du cœur chez le chien*, expose les résultats d'une série d'expériences faites dans le laboratoire de Physiologie de l'Université de Genève, dans le but d'étudier après combien de temps on peut encore faire rebattre un cœur de chien qui a été arrêté par les courants électriques, par la suffocation, par la chloroformisation, etc.

Lorsque les battements du cœur ont cessé, on fait une ouverture sous forme de volet sur la partie gauche du thorax, de façon à mettre le cœur à nu. On attend que dix ou quinze minutes se soient écoulées à partir du moment où les ventricules ont cessé de battre. On pratique alors le massage rythmique du cœur de façon à remplacer la circulation normale, et en même temps on entretient la respiration artificielle.

Après quelques massages les ventricules présentent des trémulations d'abord faibles, puis de plus en plus énergiques. Après cinq ou dix minutes l'animal exécute quelques mouvements respiratoires qui deviennent peu à peu plus énergiques et plus fréquents. Les réflexes sont plus longs à se rétablir, c'est d'abord en général le réflexe cornéen qui revient le premier, puis le réflexe patellaire.

Au bout d'un laps de temps qui varie de 15 à 40 minutes les fonctions du centre respiratoire, du centre vaso-moteur et de la sensibilité se sont bien rétablies. Mais les ventricules présentent toujours des trémulations fibrillaires. On applique

alors sur le cœur une ou plusieurs décharges électriques; les ventricules reprennent leurs battements. On fait la suture des côtes, on ferme la plaie du thorax et on suspend la respiration artificielle.

L'animal respire spontanément, il est sensible, mais il est très abattu et ne peut pas se tenir sur ses pattes. Il se refroidit peu à peu et succombe après quelques heures. M. Battelli n'a pu les garder en vie au-delà de 12 à 18 heures.

Il croit que, en perfectionnant le procédé, on pourrait peut-être arriver à appliquer le massage du cœur chez l'homme dans les cas d'accidents électriques, dans la mort par l'asphyxie, par la chloroformisation, etc., au même titre qu'on pratique la suture du cœur dans les cas de plaies de cet organe.

Séance du 1er mars.

Kehrmann. Sur les matières colorantes du groupe de la phénazine. — Pitard. Comparaison des différents systèmes crâniens chez l'homme et la femme (suite). — Ch.-Eug. Guye. Mesures de capacité sur deux cables triphasés symétriques à très haute tension.

M. Kehrmann communique quelques résultats de ses recherches sur *les matières colorantes du groupe de la phénazine*. Ces recherches qui portent particulièrement sur les relations intéressantes et très variées, qui existent entre la couleur et la constitution chimique des composés du type azonium, l'ont amené récemment à une nouvelle synthèse totale de la phénosafranine, synthèse sur laquelle il donne des détails.

Comme suite à sa communication du 7 décembre 1899 sur la *comparaison des différents segments crâniens chez l'homme et chez la femme*, M. Pitard expose les résultats suivants (l'ordre des paragraphes est continué) :

VIII. *Dimensions transversales du crâne cérébral.* Les diamètres que voici ont été employés pour cette étude : frontal minimum, frontal maximum transversal maximum.

[2] V. Compte-rendu séances Société de chimie de Genève, 8 mars 1900, *Archives*.

L'indice frontal est plus élevé dans les crânes féminins montrant une écaille frontale plus large au diamètre sus-orbitaire. Le rapport des trois diamètres ci-dessus à la capacité crânienne est en faveur des crânes féminins. Il en est de même du rapport de la courbe frontale à la capacité crânienne.

IX. *Dimensions transversales du crâne cérébelleux.* Le diamètre bi-astérique comparé dans les deux sexes à la capacité crânienne est en faveur des crânes féminins; il en est de même du rapport de la largeur du trou-occipital à la capacité crânienne. Ce rapport à la capacité calculé au moyen de la courbe occipitale totale fournit un résultat identique.

X. *Les régions supérieures de la face et leur rapport au crâne cérébral.* Il faut établir le rapport des diamètres bi-zygomatique et bijugal aux diamètres transversaux du frontal. Il en résulte que la largeur du front est relativement plus grande que la largeur de la face chez les crânes considérés comme féminins. Rapport calculé, comme la plupart de ceux ci-dessus sur 50 crânes de chaque sexe.

XI. *La courbe sagittale.* C'est le diamètre longitudinal du pariétal. Le rapport de cette courbe à la courbe horizontale totale fournit : hommes 24,15; femmes 23,53 ; calculé relativement à la courbe cérébrale vraie qui va du point sus-orbitaire à l'inion il donne : homme 41,54; femmes 41,51. Le résultat est à l'avantage des crânes considérés comme masculins.

XII. *Les diamètres : antéro-postérieur, métopique, transversal et l'indice céphalique.* Il résulte de l'examen de ces diamètres et de cet indice que le front de la femme est plus vertical que le front de l'homme (D. M > D. A. P.) Ce fait est rendu évident au moyen de l'indice céphalique.

XIII. *Les régions nasales orbitaire et palative.* Ces caractères de la face peuvent subir des variations importantes liées soit à des caractères ethniques dominateurs soit à des facteurs individuels comme le métopisme, selon M. Papillault. Les

résultats que nous exposons proviennent de l'étude de deux séries de 50 crânes chacun.

Les hommes sont leptorrhiniens; les femmes mésorrhiniennes. En ce qui concerne la région orbitaire on constate, ainsi que l'avait déjà remarqué Broca, que les femmes ont l'orbite plus élevée que les hommes.

XIV. *La forme générale du crâne.* Pour représenter cette forme par des chiffres, nous avons, à l'exemple de M. Manouvrier, mesuré les principaux diamètres sur 50 crânes de chaque sexe. Puis pour chaque diamètre nous avons calculé le rapport centésimal de la moyenne féminine à la moyenne masculine = 100. En consignant ces rapports par ordre de grandeur, on constate que c'est par la largeur du front puis par le diamètre transversal maximum que le crâne féminin se rapproche le plus du crâne masculin. Il s'en éloigne le plus par sa base et sa région faciale. Chez les crânes féminins, le front est plus large relativement à toutes les autres régions de la tête que chez les crânes masculins.

XV. *Les courbes frontale et occipitale.* Ce qui est relatif au diamètre pariétal a été indiqué ci-dessus. En comparant ces courbes à la courbe cérébrale vraie, on constate que la courbe frontale est plus développée chez les femmes, par contre la courbe occipitale est plus développée chez les hommes. Quant à la partie cérébelleuse de la courbe occipitale elle est un peu moins développée chez la femme par rapport à la courbe médiane antéro-postérieure et à la courbe cérébrale vraie et un peu plus développée par rapport à la partie frontale cérébrale.

XVI. *Rapport des angles auriculaires à l'angle cérébral total = 100.* — On a pu voir au paragraphe 1 de ce résumé que les crânes féminins avaient l'angle frontal cérébral plus développé que les hommes et qu'il en était de même pour les angles : occipital cérébral et occipital cérébelleux. C'étaient là des chiffres absolus. En établissant le rapport à l'angle cérébral total = 100, les mêmes faits subsistent. L'angle pariétal est donc plus développé dans les crânes masculins.

XVII. *Rapport du diamètre N. B. à la courbe antéro-postérieure.* C'est la comparaison de la longueur de la base du crâne au développement antéro-postérieur de la voûte. Les chiffres qui représentent ce rapport dans les deux sexes sont à peu près identiques.

Conclusions. Le résultat de toutes les observations ci-dessus ainsi que de celles publiées précédemment peut être exprimé sous la forme simple que voici :

Chez les crânes brachycéphales de la vallée du Rhône (Valais) :

1. Le crâne de la femme a le type frontal, tandis que le crâne de l'homme aurait un plus grand développement pariétal.

2. La partie occipitale paraît plus grande chez la femme.

3. Chez la femme la face est plus petite comparativement au crâne que chez l'homme. La base du crâne est relativement à la courbe antéro-postérieure, la même dans les deux sexes.

4. Le crâne de la femme a une plus grande capacité relative.

Un résumé plus détaillé de cette étude paraîtra dans l'*Anthropologie* de Paris.

M. Ch. Eug. Guye, communique les résultats de *mesures de capacité faites sur deux câbles triphasés symétriques à très haute tension.* Ces mesures qui ont été effectuées à Lyon grâce à l'obligeance de M. Revilliod, ingénieur de la Société française des câbles Berthoud Borel, ont permis de calculer la capacité apparente de ces câbles (soit $C' = \gamma_{11} - \gamma_{12}$) telle qu'elle a été définie dans une précédente communication (séance du 1er février 1900)[1].

Les données de construction des deux câbles étaient :

	1er câble	2me câble
tension normale	10000 volts	10000 volts
section d'une corde	85 $^{mm^2}$	140 $^{mm^2}$
diamètre d'une corde	13.1 ^{mm}	16.65^{mm}
longueur du câble	5 kil.	11 kil.

[1] Voir ci-dessus, p. 289.

	1er câble	2me câble
épaisseur de l'isolant mesurée entre deux cordes	10.5mm	10.5mm
épaisseur de l'isolant mesurée entre une corde et l'armure	9 mm	9mm
constante diélectrique	2 à 3	2 à 3

L'installation ne permettant pas aisément la mesure directe de C', M. Revilliod a bien voulu procéder à deux mesures sur chaque câble.

Dans la première mesure on déterminait $\gamma_{0 \cdot 0}$, c'est-à-dire la capacité entre l'armure d'une part et l'ensemble des trois conducteurs d'autre part.

Dans la seconde, on mesurait $\gamma_{1 \cdot 1}$ soit la capacité entre l'un des conducteurs de phase d'une part et l'ensemble des deux autres conducteurs et de l'armure d'autre part.

Les résultats rapportés au kilomètre ont été :

	1er câble	2me câble
$\gamma_{0 \cdot 0}$	0.282 MF	0.314 MF
$\gamma_{1 \cdot 1}$	0.143 »	0.166 »

Ces données ont alors permis de calculer les valeurs des différents cœfficients de capacité et d'induction électrostatiques.

En effet l'armure enveloppant totalement les trois conducteurs, la théorie donne les relations

$$\gamma_{0 \cdot 0} = -(\gamma_{0 \cdot 1} + \gamma_{0 \cdot 2} + \gamma_{0 \cdot 3}) \quad (1)$$
$$\gamma_{1 \cdot 1} = -(\gamma_{1 \cdot 0} + \gamma_{1 \cdot 2} + \gamma_{1 \cdot 3}) \quad (2)$$

D'autre part la symétrie du système implique :

$$\gamma_{0 \cdot 1} = \gamma_{0 \cdot 2} = \gamma_{0 \cdot 3}$$
$$\gamma_{1 \cdot 2} = \gamma_{1 \cdot 3}$$

Il en résulte : que les équations 1 et 2 fournissent les valeurs de $\gamma_{0 \cdot 1}$ $\gamma_{1 \cdot 2}$ en fonction des quantités mesurées $\gamma_{0 \cdot 0}$ et $\gamma_{1 \cdot 1}$. Soit :

$$\gamma_{0 \cdot 1} = -\frac{\gamma_{0 \cdot 0}}{3}$$

$$\gamma_{1 \cdot 2} = \frac{\gamma_{0 \cdot 0} - 3\,\gamma_{1 \cdot 1}}{6}$$

$$\text{D'où } C' = \frac{9\,\gamma_{1 \cdot 1} - \gamma_{0 \cdot 0}}{6}$$

On avait donc en résumé pour les cœfficients de capacité et d'induction des deux câbles rapportés au kilomètre :

	1er câble	2me câble
$\gamma_{0 \cdot 0}$	0.282 MF	0.314 MF
$\gamma_{1 \cdot 1}$	0.143 »	0.166 »
$\gamma_{0 \cdot 1}$	— 0.094 »	— 0.105 »
$\gamma_{1 \cdot 2}$	— 0.0245 »	— 0.0307 »
$C' = \gamma_{1 \cdot 1} - \gamma_{1 \cdot 2}$	0.1675 MF	0.1967 MF

C'est donc cette dernière valeur qui représente dans le cas d'un câble triphasé symétrique la capacité d'un conducteur de ligne. Cette capacité étant conformément à la définition générale le rapport de la charge au potentiel du conducteur et permettant en outre de calculer directement le courant de charge du conducteur.

Comme le deuxième câble a une longueur de 11 kil., sa capacité apparente (C') est de 2.16 MF. D'autre part la tension entre conducteurs étant d'environ 10,000 volts, la tension avec la terre V (les courants étant triphasés) sera de

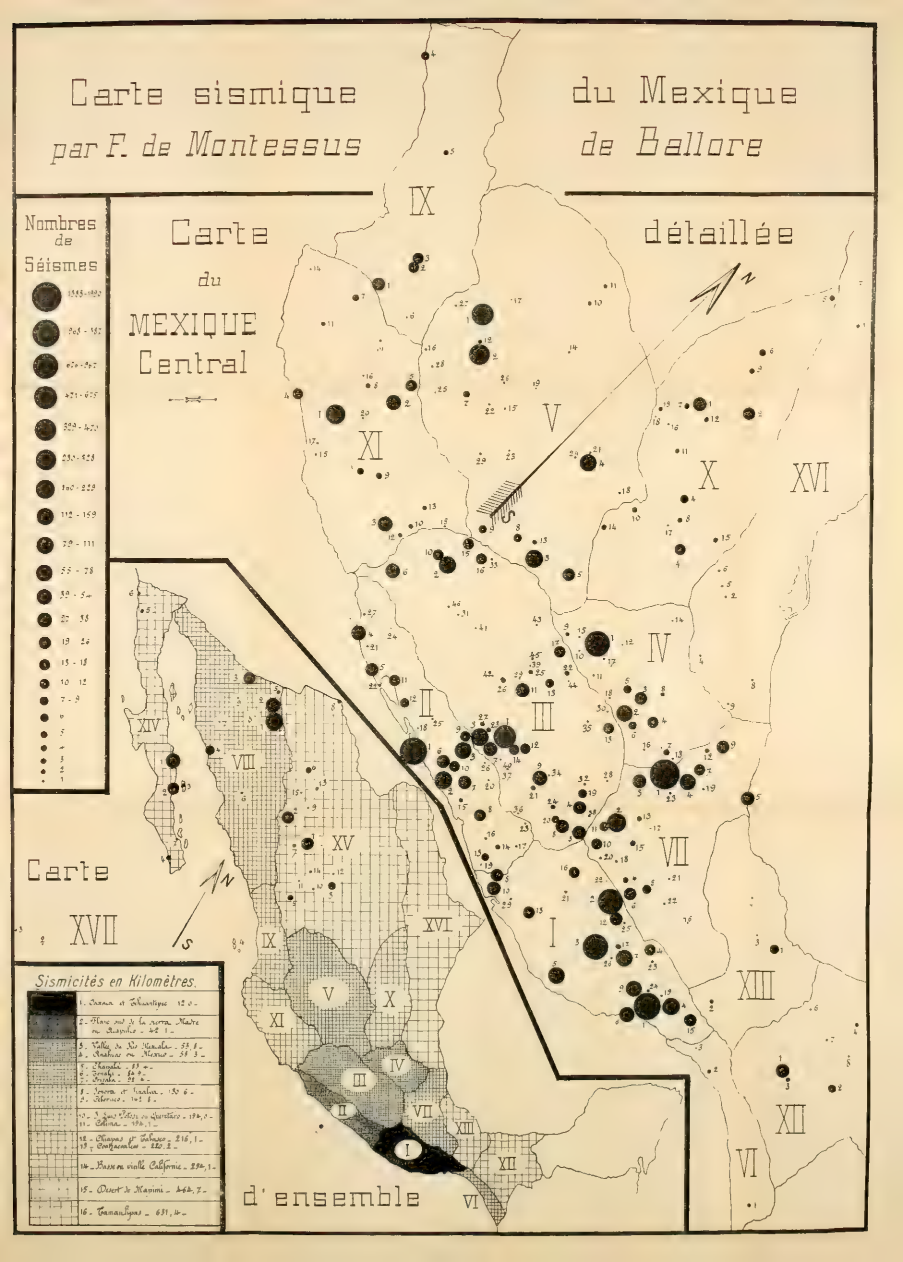
$$\frac{10000}{1.73} = 5780 \text{ volts environ.}$$

Le courant de charge supposé sinusoïdal et de fréquence $n = 50$ sera donc pour chaque conducteur :

$$I = 2\pi n \, VC' = 4 \text{ ampères.}$$

soit une fraction appréciable du courant qui transmet la puissance.

Il serait particulièrement intéressant de calculer la valeur de C' pour les câbles devant fonctionner à 20000 volts, car on sait qu'à mesure que l'on élève la tension on augmente l'importance du courant de charge et l'énergie qui entre en jeu dans les phénomènes de résonance, cause principale des ruptures d'isolation dans les câbles.


Carte sismique du Mexique
par F. de Montessus de Ballore
Carte détaillée du MEXIQUE Central
Nombres de Séismes
Carte d'ensemble
Sismicités en Kilomètres.
12 - Chiapas et Tabasco - 216,1 -
14 - Basse ou vieille Californie - 294,1 -
16 - Tamaulipas - 631,4 -

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

FÉVRIER 1900

Le 1er, gelée blanche le matin ; brouillard jusqu'à 10 h du matin et depuis 7 h. du soir ; légère chute de neige à 11 h. 5 m. du matin.

2, brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

3, pluie dans la nuit ; forte rosée à 10 h. du soir.

4, couronne lunaire à 9 h. et quelques gouttes de pluie à 10 h. 15 m. du soir.

6, pluie à 11 h. 30 m. du matin, à 3 h. 20 m. et à 10 h. du soir.

8, forte gelée blanche le matin ; halo et couronne lunaire ; brouillard depuis 7 h. du soir.

9, brouillard à 7 h. du matin et à 7 h. du soir ; pluie depuis 9 h. du soir.

10, pluie et neige dans la nuit.

11, grésil et neige à 1 h. 15 m. et pluie à 4 h. du soir ; halo lunaire à 9 h. du soir.

12, neige dans la nuit ; hauteur : 4cm,5 ; pluie de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir ; fort vent à 9 h. du soir.

13, pluie et très fort vent la nuit jusqu'à 7 h. du matin et de 7 h. à 9 h. du soir ; orage depuis 11 h. du soir.

14, fort orage à 2 h. du matin ; très fort vent la nuit et de 7 h. du matin à 1 h. du soir ; grésil à 10 h. du matin ; pluie à 1 h. et neige à 4 h. du soir.

15, forte gelée blanche le matin.

16, pluie dans la nuit, à 11 h. du matin et à 3 h. du soir ; fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir.

17, très forte gelée blanche le matin ; fort vent depuis 7 h. du soir.

18, pluie la nuit, à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir. ; fort vent à 1 h. et à 7 h. du soir ; nouvelle neige sur les montagnes.

19, pluie la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin.

20, pluie dans la nuit et de 4 h. à 9 h. du soir ; très fort vent depuis 10 h. du matin.

21, pluie dans la nuit et à 10 h. du matin ; fort vent à 7 h. et à 10 h. du matin ; giboulées de neige à 4 h. 20 m. et 4 h. 55 m. du soir.

22, forte gelée blanche le matin ; pluie depuis 7 h. du soir.

23, rosée à 9 h. du soir.

24, fort brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir.

25, légère gelée blanche le matin ; brouillard enveloppant bas à 8 h. du matin.

26, gelée blanche le matin ; pluie à 4 h., à 7 h. et depuis 10 h. du soir ; fort vent à 1 h. et à 4 h. du soir.

27, pluie dans la nuit et de 3 h. 30 m. à 9 h. du soir ; fort vent à 1 h. et à 4 h. du soir.

28, pluie à 10 h. du matin ; fort vent à 4 h. du soir.

Hauteur totale de la neige : 4cm,5.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 2 h. matin	719,68	Le 2 à 2 h. soir	714,79
3 à 11 h. matin	723,27	6 à 1 h. matin	712,50
6 à 10 h. soir	716,34	10 à 1 h. matin	719,17
15 à 7 h. matin	731,52	12 à 3 h. soir	712,62
20 à 9 h. soir	710,34	15 à 11 h. soir	723,43
25 à 10 h. matin	729,00	20 à minuit	707,66
27 à 1 h. matin	723,34	26 à minuit	726,98

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIÈRES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	100.9	126.7	111.5	144.0	129.5	83.3

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	92.4	91.6	89.7	82.4	*	113.8

Durée totale de l'insolation à Jussy : 49h 35m

* Pluviomètre en réparation.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Minim. observé au barogr.	Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Ecart avec la temp. normale	Minim.	Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Ecart avec la fraction norm	Minim.	Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	cm
1	717,83	— 9,62	715,76	719,68	— 0,92	— 1,37	— 4,0	+ 1,8	905	+ 60	830	960	. . .	. .	var.	3,3	1,00	. . .	5,0	+ 0,2	100,5
2	716,00	—11,41	714,79	718,82	+ 0,63	+ 0,12	— 1,7	+ 3,7	847	+ 4	730	940	. . .	. .	var.	2,1	1,00	. . .	4,9	+ 0,1	99,5
3	722,14	— 5,22	719,38	723,27	+ 3,14	+ 2,56	+ 0,4	+ 5,8	906	+ 64	810	960	2,3	. .	var.	3,1	0,53	3,9	4,8	0,0	99,3
4	719,96	— 7,35	718,50	722,47	+ 2,11	+ 1,46	+ 0,1	+ 4,1	888	+ 48	810	980	. . .	. .	var.	3,8	1,00	. . .	. . .	. . . . .	100,0
5	715,43	—11,83	712,56	718,49	+ 3,17	+ 2,45	+ 1,0	+ 5,4	846	+ 7	750	920	. . .	. .	var.	2,3	0,88	0,9	5,6	+ 0,8	100,5
6	714,46	—12,75	712,50	716,34	+ 4,00	+ 3,20	+ 1,0	+10,0	815	— 22	600	940	1,8	1	var.	5,4	0,93	1,2	5,5	+ 0,7	100,0
7	717,98	— 9,18	716,67	719,10	+ 3,61	+ 2,74	+ 0,1	+10,5	856	+ 21	610	960	0,5	. .	var.	2,1	0,43	4,4	5,7	+ 0,9	97,5
8	719,47	— 7,64	718,49	720,62	— 1,68	+ 0,73	— 1,5	+ 5,0	824	— 10	750	920	. . .	. .	NNE. 1	5,8	0,77	4,2	5,5	+ 0,7	96,2
9	719,57	— 7,48	718,73	720,71	+ 2,27	+ 1,24	+ 0,4	+ 3,7	786	— 46	670	940	1,8	2	N. 1	8,3	0,93	. . .	5,3	+ 0,4	93,5
10	720,37	— 6,63	719,17	721,03	+ 0,65	— 0,46	— 1,0	+ 1,6	864	+ 34	790	920	3,0	3	calme	1,2	1,00	. . .	5,4	+ 0,5	91,5
11	717,83	— 9,11	716,51	719,93	+ 0,07	— 1,13	— 5,1	+ 3,9	824	— 4	640	940	0,0	. .	var.	4,2	0,95	. . .	. . .	. . . . .	92,0
12	714,30	—12,58	712,62	717,42	+ 2,25	+ 0,97	— 0,8	+11,5	912	+ 86	840	1000	30,0	12	SSW. 1	10,5	0,98	. . .	4,7	— 0,2	92,0
13	717,04	— 9,78	714,06	719,21	+12,40	+11,03	+ 9,1	+17,1	720	—104	640	870	7,1	5	SSW. 2	14,6	1,00	0,5	4,8	— 0,1	97,3
14	723,36	— 3,40	714,26	730,52	+ 5,31	+ 3,85	+ 1,3	+12,9	589	—233	400	700	4,2	3	SSW. 2	22,1	1,00	0,6	5,7	+ 0,7	99,0
15	728,56	+ 1,86	723,43	731,52	+ 2,13	+ 0,58	— 2,2	+ 5,2	704	—116	570	890	. . .	. .	var.	5,0	0,67	4,4	5,2	+ 0,2	106,0
16	720,12	— 6,52	715,95	723,92	+ 6,40	+ 4,76	+ 2,0	+12,7	693	—125	500	810	3,1	2	SSW. 1	11,1	0,70	0,4	5,8	+ 0,8	105,0
17	720,40	— 6,18	716,00	723,60	+ 3,80	+ 2,06	— 1,6	+ 8,8	702	—114	430	920	. . .	. .	var.	8,3	0,88	0,3	5,8	+ 0,8	106,4
18	719,71	— 6,81	717,26	720,97	+ 4,60	+ 2,77	+ 2,2	+ 7,6	708	—106	500	930	6,0	4	SSW. 2	16,7	0,97	1,7	. . .	. . . . .	107,0
19	714,31	—12,15	707,32	720,34	+ 7,16	+ 5,23	+ 2,0	+11,0	817	+ 5	630	930	9,4	6	SSW. 1	13,4	1,00	. . .	6,0	+ 0,9	109,5
20	709,36	—17,03	707,66	710,34	+ 4,89	+ 2,86	+ 2,8	+11,0	783	— 27	660	830	12,5	6	SSW. 2	23,1	0,90	1,7	5,9	+ 0,8	110,3
21	716,15	—10,18	710,22	724,24	+ 3,22	+ 1,09	— 0,9	+ 5,8	734	— 73	550	900	1,7	1	SSW. 2	13,8	0,80	1,1	5,7	+ 0,6	111,0
22	723,69	— 2,58	722,34	725,40	+ 1,54	— 0,69	— 3,0	+ 4,8	735	— 70	580	830	1,6	1	var.	2,7	0,98	. . .	5,1	— 0,1	110,5
23	726,49	+ 0,29	725,45	727,34	+ 6,65	+ 4,32	+ 3,2	+16,4	836	+ 33	700	950	. . .	. .	NNW. 1	3,8	0,63	4,1	5,2	0,0	112,0
24	727,99	+ 1,85	726,98	728,70	+ 5,63	+ 3,49	+ 0,7	+11,5	891	+ 91	690	1000	. . .	. .	calme	2,1	0,82	2,3	5,3	+ 0,1	108,3
25	727,61	+ 1,53	725,60	729,00	+ 7,30	+ 4,76	+ 1,2	+14,1	786	— 12	520	960	. . .	. .	calme	0,0	0,55	6,1	. . .	. . . . .	105,0
26	722,93	— 3,08	720,60	725,69	+ 7,85	+ 5,20	+ 2,1	— 17,1	824	+ 28	430	960	5,0	5	SSW. 1	8,1	0,83	2,1	5,8	+ 0,5	101,2
27	722,40	— 3,55	720,65	723,34	+ 8,71	+ 5,95	+ 6,1	+16,4	749	— 44	360	860	1,3	1	var.	8,1	0,82	5,7	6,1	+ 0,8	103,0
28	723,99	— 1,90	722,22	726,20	+ 6,76	+ 3,89	+ 4,6	+ 8,8	768	— 23	660	870	0,3	. .	SSW. 1	11,7	0,93	. . .	6,0	+ 0,6	100,5
Mois	719,98	— 6,86			+ 4,18	+ 2,58			796	— 23						7,74	0,85		5,45	+0,49	101,95

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	718,33	718,29	718,40	718,90	718,13	717,89	718,28	718,36
2e »	719,21	718,99	718,88	718,77	718,27	717,86	717,93	718,08
3e »	723,43	722,97	723,35	723,69	723,49	723,92	725,03	725,37
Mois	720,10	719,88	719,99	720,22	719,71	719,60	720,08	720,26

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 1,03	+ 0,72	+ 0,61	+ 2,08	+ 4,02	+ 3,83	+ 2,45	+ 1,52
2e »	+ 3,75	+ 2,88	+ 3,20	+ 5,07	+ 6,50	+ 5,86	+ 6,36	+ 5,59
3e »	+ 4,29	+ 3,80	+ 3,32	+ 6,30	+ 10,03	+ 8,10	+ 6,56	+ 5,26
Mois	+ 2,93	+ 2,37	+ 2,31	+ 4,35	+ 6,62	+ 5,77	+ 5,02	+ 4,04

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	899	905	908	870	763	755	843	887
2e »	767	792	798	749	695	708	688	744
3e »	874	822	891	826	580	706	779	844
Mois	845	841	864	814	686	724	769	824

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	− 0,52	+ 5,16	5,30	0,85	14,6	3,74	9,4	97,85
2e »	+ 0,97	+ 10,17	5,49	0,90	9,6	12,90	72,3	102,45
3e »	+ 1,75	+ 11,86	5,60	0,80	21,4	6,29	9,9	106,44
Mois	+ 0,66	+ 8,86	5,45	0,85	45,6	7,74	91,6	101,95

Dans ce mois l'air a été calme 36,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 0,40 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 22,6° W. et son intensité est égale à 53,2 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1900.

Le 1er, neige à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir; brouillard à 1 h. du soir; très fort vent depuis 10 h. du matin.

2, très fort vent pendant tout le jour; brouillard à 10 h. du matin, à 1 h. et depuis 7 h. du soir; neige à 4 h. du soir.

3, neige à 7 h. et brouillard à 10 h. du matin.

4, fort vent depuis 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

5, brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; fort vent depuis 4 h. du soir.

6, neige jusqu'à 10 h. du matin.

10, neige jusqu'à 10 h. du matin; brouillard de 1 h. à 7 h. du soir; forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir.

11, brouillard depuis 7 h. du soir.

12, neige pendant tout le jour.

13, neige à 7 h. du matin et depuis 4 h. du soir.

14, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; neige de 1 h. à 4 h. du soir; très fort vent de 10 h. du matin à 1 h. du soir et très forte bise depuis 4 h. du soir.

16, neige pendant tout le jour; forte bise à 10 h. du soir.

18, neige jusqu'à 10 h. du matin.

19, brouillard à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir; neige de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 10 h. du soir; fort vent à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

20, neige le matin jusqu'à 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir; très forte bise à 7 h. du matin.

21, neige de 1 h. à 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du soir; fort vent depuis 1 h. du soir.

22, neige de 4 h. à 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du soir.

24, fort vent à 4 h. du soir.

25, fort vent à 10 h. du soir.

26, fort vent depuis 10 h. du matin; neige à 10 h. du soir.

27, neige à 10 h. du soir.

28, neige de 1 h. à 7 h. du soir; brouillard à 10 h. du soir; forte bise depuis 7 h. soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM		MINIMUM.	
	mm		mm
Le 3 à 7 h. soir	558,37	Le 3 à minuit	556,00
6 à minuit	553,00	6 à 1 h. soir	551,12
16 à minuit	562,00	15 à minuit	560,40
20 à minuit	550,40	20 à 6 h. matin	546,40
25 à 10 h. matin	569,16	25 à 1 h. matin	568,40
28 à 10 h. matin	569,50	28 à 4 h. soir	558,96

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Nébulosité moyenne.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	cm	mm			
1	555,81	— 4,64	554,90	556,65	—11,40	— 2,33	—15,3	— 9,8	5,0	6,1	....	SW. 2	0,95
2	555,00	— 5,42	554,46	555,80	— 7,97	+ 1,09	—11,0	— 6,5	18,0	17,5	....	SW. 2	0,98
3	557,37	— 3,01	556,00	558,37	— 7,45	+ 1,60	—11,0	— 4,5	.....	.....	....	SW. 1	0,33
4	557,26	— 3,08	556,50	558,20	— 8,62	+ 0,42	—12,2	— 4,7	.....	.....	....	SW. 2	0,93
5	554,37	— 5,93	553,00	556,50	— 8,53	+ 0,50	—11,6	— 5,8	11,0	7,0	....	SW. 2	0,80
6	551,79	— 8,48	551,12	553,00	— 8,68	+ 0,34	—12,3	— 4,8	3,0	2,2	....	SW. 1	0,65
7	553,63	— 6,60	552,00	555,17	—11,17	— 2,06	—14,0	— 8,3	.....	.....	....	SW. 1	0,08
8	555,09	— 5,11	554,64	555,72	—11,22	— 2,23	—13,8	— 8,7	.....	.....	....	SW. 1	0,02
9	554,90	— 5,27	554,00	555,70	— 9,28	— 0,31	—14,0	— 6,8	1,8	1,5	....	SW. 1	0,20
10	553,01	— 7,13	552,54	553,90	—12,57	— 3,62	—15,0	— 9,2	4,0	3,0	....	NE. 2	0,87
11	553,44	— 6,66	553,03	553,73	— 8,82	+ 0,11	—14,3	— 5,9	14,0	12,6	....	SW. 1	0,55
12	553,11	— 6,96	552,03	554,90	— 4,38	+ 4,53	—10,6	— 1,7	70,0	68,0	....	SW. 1	1,00
13	558,09	— 1,95	555,40	559,82	— 0,70	+ 8,18	— 2,9	+ 3,0	23,0	21,0	....	SW. 1	0,73
14	556,21	— 3,80	554,47	560,00	—11,38	— 2,53	—15,4	— 7,5	7,0	6,2	....	NE. 3	0,98
15	562,03	+ 2,05	560,40	562,75	— 4,85	+ 3,97	—16,8	+ 1,8	9,0	9,1	....	NE. 1	0,43
16	558,71	— 1,24	556,66	562,00	— 3,45	+ 5,34	—10,0	+ 3,8	30,0	29,0	....	var.	1,00
17	557,56	— 2,36	555,40	558,55	— 7,87	+ 0,89	—13,8	— 2,1	10,0	7,0	....	SW. 1	0,28
18	554,93	— 4,96	553,60	556,28	— 8,65	+ 0,08	—12,8	— 6,3	25,0	21,8	....	var.	0,68
19	555,32	— 4,55	551,70	557,00	— 5,92	+ 2,77	— 9,0	— 0,5	28,0	26,6	....	SW. 2	1,00
20	547,66	—12,19	546,40	550,40	— 8,47	+ 0,18	—10,8	— 5,8	9,0	8,1	....	NE. 1	0,98
21	550,72	— 9,11	548,06	556,10	—11,48	— 2,87	—17,3	— 6,8	7,0	6,1	....	NE. 2	0,72
22	558,02	— 1,79	556,50	561,40	— 7,08	+ 1,49	—17,0	— 3,3	9,5	8,3	....	NE. 1	0,75
23	563,90	+ 4,11	561,40	565,83	+ 0,30	+ 8,83	—12,3	+ 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,22
24	567,02	+ 7,25	566,00	568,20	— 2,53	+ 5,96	— 6,2	+ 0,7	.....	.....	....	SW. 1	0,32
25	868,63	+ 8,88	568,40	569,16	+ 1,62	+10,06	— 2,3	+ 5,7	.....	.....	....	SW. 1	0,12
26	563,95	+ 4,22	560,10	568,20	— 4,45	+ 3,94	— 7,3	+ 4,7	8,0	9,0	....	SW. 2	0,52
27	559,55	— 0,16	559,30	560,10	— 5,82	+ 2,52	—10,0	— 0,8	.....	.....	....	SW. 1	0,33
28	559,32	— 0,38	558,96	559,50	— 5,20	+ 3,09	— 8,8	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,87
Mois	557,01	— 3,23			— 7,00	+ 1,61							0,62

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	555,01	554,79	554,70	554,99	554,71	554,57	554,84	554,97
2e » ...	555,91	555,73	555,69	555,70	555,53	555,62	555,79	555,67
3e » ...	560,96	560,97	561,11	561,36	561,15	561,36	562,00	562,19
Mois	557,03	556,89	556,88	557,06	556,85	556,89	557,23	557,28

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 9,65	— 9,14	— 7,58	— 8,88	— 9,91	— 10,10
2e » ...	— 6,90	— 5,34	— 4,03	— 5,47	— 6,83	— 7,25
3e » ...	— 5,33	— 1,79	— 1,70	— 3,50	— 5,67	— 5,13
Mois	— 7,43	— 5,68	— 4,63	— 6,12	— 7,60	— 7,66

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 13,02	— 6,91	0,58	37,3	42,8
2e » ...	— 11,64	— 2,12	0,76	209,4	225,0
3e » ...	— 10,15	+ 0,58	0,48	23,4	24,5
Mois	— 11,71	— 2,70	0,62	270,1	292,3

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 0,50 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° W., et son intensité est égale à 44,6 sur 100.

ERRATA. Janvier, le 25, la hauteur de la neige est de $5^{cm},5$, au lieu de $5^{cm},0$.

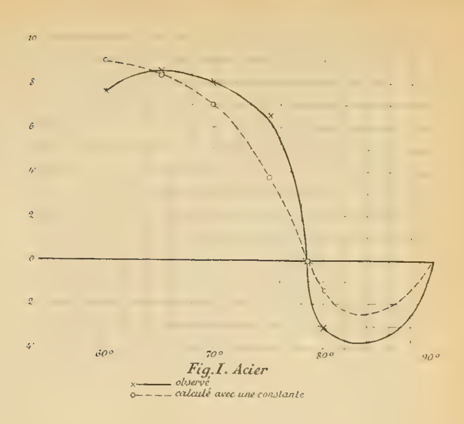


Fig. I. Acier

×—— observé
○- - - calculé avec une constante

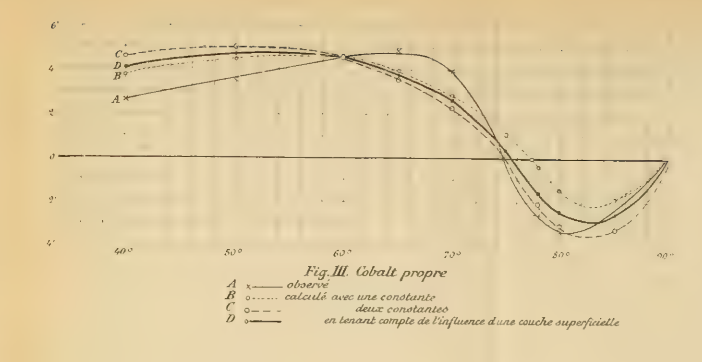


Fig. III. Cobalt propre

A ×—— observé
B ○...... calculé avec une constante
C ○- - - deux constantes
D ○—— en tenant compte de l'influence d'une couche superficielle



Fig. II. Acier propre

×—— observé
○- - - calculé avec une constante

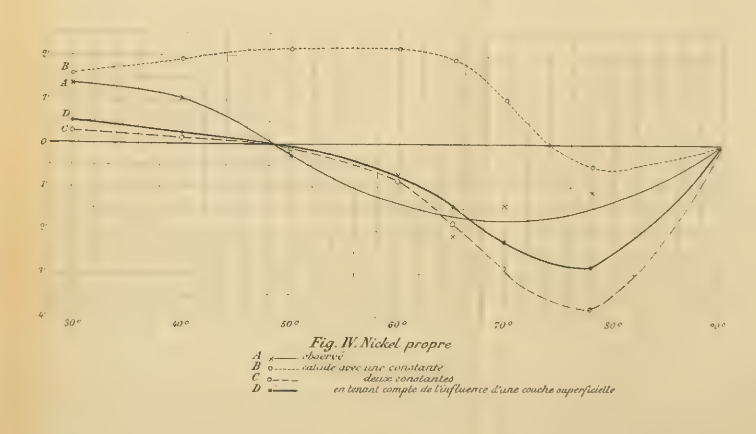


Fig. IV. Nickel propre

A ×—— observé
B ○...... calculé avec une constante
C ○- - - deux constantes
D •—— en tenant compte de l'influence d'une couche superficielle

SUR LE PHÉNOMÈNE DE ZEEMAN

DANS LE CAS GÉNÉRAL D'UN RAYON INCLINÉ D'UNE MANIÈRE QUELCONQUE SUR LA DIRECTION DE LA FORCE MAGNÉTIQUE

par Aug. RIGHI

communiqué par l'auteur [1].

Le phénomène de Zeeman n'avait été étudié jusqu'à présent que dans deux cas particuliers, celui d'un rayon parallèle aux lignes de force, et celui d'un rayon perpendiculaire à ces lignes. Mais en admettant que, suivant l'explication de Lorentz, le nombre de vibrations par seconde d'une oscillation circulaire perpendiculaire aux lignes de force, soit augmenté ou diminué suivant qu'elle est de même sens ou de sens contraire des courants d'Ampère, on peut prévoir les phénomènes qui se produiront dans le cas général, pourvu qu'on mette en ligne de compte, non seulement les composantes transversales de la vibration naturelle d'une particule, mais aussi la composante longitudinale.

Les résultats auxquels on arrive de cette manière peuvent être résumés dans les énoncés suivants, où l'on appelle pour abréger *plan méridien* le plan qui contient

[1] Résumé d'un Mémoire lu par l'auteur à l'Académie des Sciences de Bologne, le 17 décembre 1899.

la direction du rayon étudié et la direction du champ magnétique, et ε l'angle aigu compris entre ces deux directions, et où l'on suppose le champ dextrogyre, c'est-à-dire que si l'on fait tourner la direction du champ de l'angle ε jusqu'à coïncider avec la direction du rayon, le champ est tel qu'il résulterait d'un courant dextrogyre.

Tandis que, lorsque le champ n'existe pas, il se propage dans la direction considérée de la lumière naturelle de N *vibrations par seconde et d'intensité* I, *lorsque le champ existe il se propage trois vibrations polarisées : une vibration rectiligne parallèle au plan méridien dont l'intensité est* $\frac{1}{2}$ I $\sin^2 \varepsilon$ *et de période* 1 : N, *et deux vibrations elliptiques d'intensité* $\frac{1}{4}$ I $(1 + \cos^2 \varepsilon)$ *l'une dextrogyre et de période* $1 : (N + n)$, *l'autre lévogyre et de période* $1 : (N + n)$. *Ces vibrations elliptiques ont leur petit axe dans le plan méridien, et le rapport des axes est égal à* $\cos \varepsilon$.

On peut substituer à cet énoncé le suivant:

Supposant décomposée la vibration naturelle en trois composantes, l'une rectiligne dans la direction du champ, et les deux autres circulaires de sens contraires et dont le plan soit perpendiculaire à la dite direction, les trois vibrations, qui se propagent dans la direction considérée, sont les projections des vibrations précédentes sur le plan de l'onde.

Une raie d'émission sera donc transformée généralement dans un triplet, et ce sera seulement lorsque $\varepsilon = 0°$ que la composante moyenne du triplet disparaîtra; les composantes extérieures seront alors polarisées circulairement. Dans le cas de $\varepsilon = 90°$ les vibrations elliptiques deviennent rectilignes et perpendiculaires au plan méridien. On démontre aisément la règle suivante :

Les composantes transversales de la vibration naturelle

de la particule peuvent être substituées par trois vibrations : l'une rectiligne parallèle au plan méridien et d'intensité $\frac{1}{2} I \sin^2 \varepsilon$, *les deux autres elliptiques de sens contraires, d'intensité* $\frac{1}{4} I (1 + \cos^2 \varepsilon)$, *ayant le petit axe dans le plan méridien, et* $\cos \varepsilon$ *pour rapport des axes. Cela fait, il suffit de changer* N *en* N + *n dans la vibration elliptique qui a même sens que le courant magnétisant, et* N *en* N — *n dans l'autre, pour obtenir les trois vibrations cherchées.*

Pour satisfaire aux valeurs données de l'intensité il faudra mettre en ligne de compte aussi la composante longitudinale de la vibration naturelle.

La règle que l'on vient de donner permet d'appliquer le principe de Kirchhoff, et d'établir la théorie du phénomène de Zeeman par absorption.

Enfin, les formules desquelles on tire les énoncés précédents permettent de démontrer que : *l'effet produit par le champ magnétique est identique à celui que l'on obtiendrait en composant avec la vibration naturelle de la particule un mouvement de rotation uniforme dans le sens des courants d'Ampère, ayant pour axe la direction du champ, et avec la vitesse de n tours par seconde.*

Cela montre que, même en dehors de la théorie de Lorentz, toute théorie qui porte à admettre un tel mouvement de rotation dans le milieu vibrant, donnera une explication immédiate du phénomène de Zeeman.

J'ai obtenu la confirmation expérimentale de ces prévisions, en employant un grand réticule de Rowland de 16 c. de diamètre et 644 c. de rayon et en observant les raies 4678 du cadmium, 4680 du zinc et 5167 du magnésium qui donnent (même la dernière) le triplet normal. Parmi ces vérifications, il y en a une qui mérite

d'être signalée ; c'est la disparition d'une des composantes latérales du triplet, en l'observant au moyen d'un analyseur elliptique convenable.

Les vérifications expérimentales ont été obtenues, en ce qui concerne l'état de polarisation, même avec les raies 4800 du cadmium et 4722 du zinc, qui donnent un quadruplet, bien que la théorie ne leur soit pas directement applicable.

Les formules relatives au phénomène par absorption ont été confirmées, elles aussi, par des expériences faites sur les raies 5351 du thallium et les deux D_1, D_2 du sodium, données par une flamme. La raie du thallium et la D_1 donnent un quadruplet et la D_2 un sextuplet ; les deux composantes moyennes se comportent comme la moyenne d'un triplet normal, et les quatre extérieures du sextuplet donné par D_2 se comportent comme les lignes extérieures du triplet normal. En particulier on peut faire disparaître les composantes extérieures d'un côté ou de l'autre, en polarisant elliptiquement d'une certaine manière la lumière incidente.

Dans ces dernières expériences il faut que les raies d'absorption soient très minces. Si elles sont très larges et si l'on emploie de la lumière polarisée et un analyseur, des phénomènes très complexes se présentent, qu'on ne peut expliquer qu'en tenant compte des vitesses de propagation.

L'électro-aimant doit dans tous les cas avoir des pièces polaires convenables, pour qu'il soit possible d'étudier des rayons inclinés sur la direction du champ. L'intensité de celui-ci a été d'environ 12,000 unités pour toutes les expériences.

Bologne, le 31 mars 1900.

INFLUENCE

DE

COUCHES SUPERFICIELLES

SUR LE

PHÉNOMÈNE DE KERR

PAR

F.-Jules MICHELI[1]

(Suite et fin.)

(Avec la planche I.)

---

§ 6. — Théorie du phénomène de Kerr en tenant compte de l'influence de couches superficielles.

Pour expliquer le phénomène de Kerr, M. Drude est arrivé au système d'équations suivant[2] :

$$(1)\quad \frac{1}{c}\frac{\partial\alpha}{\partial t} = \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial^2}{\partial y\partial t}(b_2X - b_1Y) + \frac{\partial^2}{\partial z\partial t}(b_1Z - b_3X)$$

$$(2)\quad \frac{1}{c}\frac{\partial\beta}{\partial t} = \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial^2}{\partial z\partial t}(b_3Y - b_2Z) + \frac{\partial^2}{\partial x\partial t}(b_2X - b_1Y)$$

$$(3)\quad \frac{1}{c}\frac{\partial\gamma}{\partial t} = \frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial^2}{\partial x\partial t}(b_1Z - b_3X) + \frac{\partial^2}{\partial y\partial t}(b_3Y - b_2Z)$$

$$(4)\quad \frac{\varepsilon}{c}\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial\gamma}{\partial y} - \frac{\partial\beta}{\partial z}$$

$$(5)\quad \frac{\varepsilon}{c}\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial\alpha}{\partial z} - \frac{\partial\gamma}{\partial x}$$

$$(6)\quad \frac{\varepsilon}{c}\frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\partial\beta}{\partial x} - \frac{\partial\alpha}{\partial y}$$

Dans ces équations, X Y Z désignent les composantes de la force électrique, α β γ celles de la force magné-

[1] Voir *Archives*, t. IX, mars 1900, p. 238.
[2] P. Drude. *Wied. Ann.*, 46, p. 377, 1892.

tique: c est égal à la vitesse de propagation de la lumière dans l'éther, b est la constante magnéto-optique, qu'on doit regarder dans le cas général comme une quantité complexe. Pour les composantes de b nous avons les relations :

$$b_1 = b \cos(A, x) \qquad b_2 = b \cos(A, y) \qquad b_3 = b \cos(A, z)$$

A désignant l'axe magnétique. ε est une constante qui caractérise les propriétés optiques du métal et qui est donnée par la relation : $\varepsilon = n^2 (1 - ik)^2$, n désignant l'indice de réfraction, k le coefficient d'absorption. Nous considérons la direction positive de l'axe des z dirigée dans l'intérieur du métal; soit le plan des x-z le plan d'incidence, celui des x-y la limite entre l'air et le métal.

Plaçons-nous tout de suite dans le cas de l'aimantation équatoriale : les lignes de force sont parallèles à la surface réfléchissante, c'est-à-dire dans le cas particulier parallèles à l'axe des x. Nous avons donc :

$$b_2 = b_3 = o \quad ; \quad b_1 = b$$

En remarquant que, grâce au choix du plan d'incidence, aucune quantité ne dépend de y, nous pouvons écrire les équations précédentes de la manière suivante :

$$(1') \qquad \frac{1}{c} \frac{\partial \alpha}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(Y + b \frac{\partial z}{\partial t} \right)$$

$$(2') \qquad \frac{1}{c} \frac{\partial \beta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(Z - b \frac{\partial Y}{\partial t} \right) - \frac{\partial X}{\partial z}$$

$$(3') \qquad \frac{1}{c} \frac{\partial \gamma}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} \left(Y + b \frac{\partial Z}{\partial t} \right)$$

$$(4') \qquad \frac{\varepsilon}{c} \frac{\partial X}{\partial t} = - \frac{\partial \beta}{\partial z}$$

$$(5') \qquad \frac{\varepsilon}{c} \frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\partial \alpha}{\partial z} - \frac{\partial \gamma}{\partial x}$$

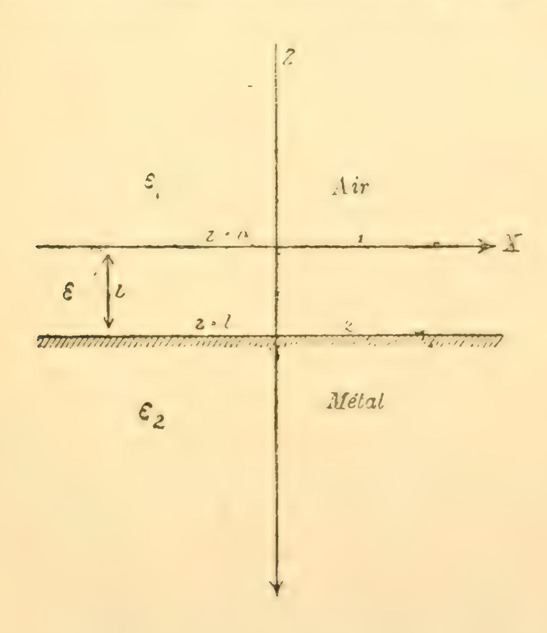
$$(6') \qquad \frac{\varepsilon}{c} \frac{\partial Z}{\partial t} = \frac{\partial \beta}{\partial x}$$

Les conditions limites de la théorie de M. Drude, pour le cas de l'aimantation équatoriale lorsqu'il n'y a pas de couches superficielles sont les suivantes :

$$(7) \qquad \left(Y + b\frac{\partial Z}{\partial t}\right), \qquad X, \qquad \alpha, \qquad \beta$$

qui sont continues au passage de l'air au métal. Il résulte donc des équations (6′) et (3′) que (ε Z) et γ eux aussi sont continus.

S'il y a une couche superficielle à la surface du miroir, il s'agit de modifier ces conditions limites. M. le professeur Drude m'a montré la voie suivante : nous admettons que depuis les z négatifs jusqu'à $z = 0$ il y ait de l'air homogène de constante diélectrique ε_1 ; que par contre de $z = o$ à $z = l$ il y ait une couche de passage dans laquelle la constante diélectrique ε passe graduelle-



ment de la valeur ε_1 qu'elle a dans l'air à la valeur ε_2 qu'elle a dans le métal. Il en est de même pour la cons-

tante magnéto-optique b qui passe graduellement de la valeur o qu'elle a dans l'air à la valeur b' qu'elle a dans le métal. Depuis $z = l$ nous considérons le métal comme homogène avec les constantes ε_2 et b'.

Nos équations de (1') à (6') sont aussi valables dans la couche de passage non homogène [1]. Si nous désignons pour abréger par 1 et 2 les limites de la couche superficielle, nous aurons en intégrant l'équation (1') par rapport à cette couche :

$$\frac{1}{c}\int_1^2 \frac{\partial \alpha}{\partial t}\, dz = \mathrm{Y}_2 + b' \frac{\partial \mathrm{Z}_2}{\partial t} - \mathrm{Y}_1, \tag{8}$$

où Y_2 et Z_2 désignent les composantes de la force électrique dans le métal à la limite 2, c'est-à-dire pour $z = l$, tandis que Y_1 est la composante de la force électrique dans l'air à la limite 1, c'est-à-dire pour $z = o$.

La composante α étant continue sans la présence d'une couche superficielle, nous pouvons, si la couche est suffisamment mince [2], admettre une continuité approchée de cette composante, et en nous contentant d'une approximation du 1er degré par rapport à l, nous pouvons écrire à la place de (8):

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \alpha_1}{\partial t}\int_1^2 dz = \mathrm{Y}_2 + b' \frac{\partial \mathrm{Z}_2}{\partial t} - \mathrm{Y}_1. \tag{9}$$

où α_1 désigne la composante de la force magnétique dans

[1] P. Drude. *Wied. Ann.*, 46, p. 379, 1892.

[2] Comme « couche superficielle » nous considérons en général une couche dont l'épaisseur est petite par rapport à la longueur d'onde λ de la lumière, en sorte que l'on peut négliger le carré de l'épaisseur par rapport à λ^2.

l'air pour $z = o$. De même en intégrant (2') par rapport à la couche de passage on obtient :

$$(10) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\int_1^2 \beta dz = \int_1^2 \frac{\partial}{\partial x}\left(Z - b\frac{\partial Y}{\partial t}\right)dz - (X_2 - X_1)$$

où les indices 1 et 2 (placés à droite en bas de la lettre à laquelle ils se rapportent) désignent de nouveau les composantes de la force dans l'air et dans le métal, pour $z = o$ et $z = l$. (Ces indices, dans ce qui va suivre auront toujours la même signification). Si l'on remarque que, d'après les conditions limites (7), β et εZ sont continus lorsqu'il n'y a pas de couche superficielle, que par conséquent $\partial(\varepsilon Z)/\partial x$ est aussi continu, et qu'enfin X, Y, Z, sont des fonctions ayant la forme $e^{i\frac{t}{\tau}} f(x, y, z)$. τ étant une abréviation pour T : 2π, T représentant la durée d'oscillation de la lumière, on voit que l'on peut écrire (10) de la manière suivante :

$$(11) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial\beta_1}{\partial t}\int_1^2 dz = \frac{\partial(\varepsilon Z)_1}{\partial x}\int_1^2 \frac{1}{\varepsilon}\, dz -$$

$$- i\frac{\partial\gamma_1}{\partial x}\int_1^2 \frac{b}{\tau}\, dz - (X_2 - X_1)$$

en négligeant les termes du 2[d] degré par rapport à l'épaisseur de la couche. D'après (7) ce n'est pas Y, mais $\left[Y + b\frac{\partial Z}{\partial t}\right]$ qui est approximativement continu ; cependant, vu la petite valeur de b, l'on peut se contenter d'une approximation du 1[er] degré par rapport à b, ce qui fait qu'il ne reste que Y devant le signe $\int$ puisque Y, dans (11) est multiplié par b.

De même en admettant la continuité approchée de X on a en intégrant (4′) :

$$(12) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial X_1}{\partial t}\int_1^2 \varepsilon\, dz = -(\beta_2 - \beta_1)$$

En intégrant (5′) et en se reportant à ce qui vient d'être dit sur la continuité de Y et $\left(Y + b\frac{\partial Z}{\partial t}\right)$ on obtient :

$$(13) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\int_1^2 \left[\varepsilon\left(Y + b\frac{\partial z}{\partial t}\right) - \varepsilon b\frac{\partial Z}{\partial t}\right] dz =$$

$$= \alpha_2 - \alpha_1 - \int_1^2 \frac{\partial \gamma}{\partial x}\, dz$$

et puisque, d'une façon approchée $\left(Y + b\frac{\partial Z}{\partial t}\right)$, (εZ), γ sont continus :

$$(14) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(Y + i\frac{b' Z}{\tau}\right)_1 \int_1^2 \varepsilon\, dz -$$

$$-\frac{i}{c}\frac{\partial(\varepsilon Z)_1}{\partial t}\int_1^2 \frac{b}{\tau}\, dz = \alpha_2 - \alpha_1 - \frac{\partial \gamma_1}{\partial x}\int_1^2 dz$$

En posant :

$$\int_1^2 dz = l, \int_1^2 \varepsilon dz = p, \int_1^2 \frac{1}{\varepsilon} dz = q, \int_1^2 \frac{b}{\tau} dz = r.$$

et en remarquant que $b = o$ à la limite 1, les équations (9), (11), (12) et (14) donnent :

$$(15) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \alpha_1}{\partial t} l = Y_2 + i\frac{b'}{\tau} Z_2 - Y_1,$$

$$(16) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial \beta_1}{\partial t} l = \frac{\partial (\varepsilon Z)_1}{\partial x} q - i\frac{\partial Y}{\partial x} r - X_2 + X_1,$$

$$(17) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial X_1}{\partial t} p = -\beta_2 + \beta_1$$

$$(18) \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial Y_1}{\partial t} p = \frac{i}{c}\frac{\partial (\varepsilon Z)_1}{\partial x} r - \frac{\partial \gamma_1}{\partial x} l + \alpha_2 - \alpha_1$$

Ces quatre équations nous livrent un nouveau système de conditions limites pour le phénomène de Kerr (cas de l'aimantation équatoriale) en tenant compte de la présence de couches superficielles.

Dans ces équations, nous avons à remplacer les composantes affectées de l'indice 1 par leur valeur dans l'air : pour X, Y, Z, α, β, γ dans l'air nous avons :

$$
(19)\quad
\left\{
\begin{aligned}
Xe &= \frac{c\pi_0}{\sqrt{\varepsilon_1}}\, Es\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
Ye &= Ep\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
Ze &= -\frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_1}}\, Es\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
Xr &= -\frac{c\pi_0}{\sqrt{\varepsilon_1}}\, Rs\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)} \\
Yr &= Rp\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)} \\
Zr &= -\frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_1}}\, Rs\, e^{\frac{t}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)} \\
\alpha_e &= -c\pi_0\, Ep\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
\beta_e &= \sqrt{\varepsilon_1}\, Es\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
\gamma_e &= c\mu Ep\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x-\pi_0 z)} \\
\alpha_r &= c\pi_0 Rp\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)} \\
\beta_r &= \sqrt{\varepsilon_1}\, Rs\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)} \\
\gamma_r &= c\mu Rp\, e^{\frac{i}{\tau}(t-\mu x+\pi_0 z)}
\end{aligned}
\right.
$$

Les indices e se rapportent aux composantes incidentes les indices r aux composantes réfléchies de la lumière Ep Rp, Es Rs sont proportionnels aux amplitudes de la lumière incidente (Ep Es) ou réfléchie (Rp Rs) polarisée parallèlement (Ep, Rp) ou perpendiculairement (Es Rs) au plan d'incidence μ et π_0 sont les cosinus directeurs : de la normale à l'onde se rapportant à l'axe des x et à l'axe des z. Grâce au choix du système de coordonnées, le cosinus directeur par rapport à y est égal à o.

Nous avons les relations :

$$X_1 = X_e + X_r \text{ etc.} \qquad \alpha_1 = \alpha_e + \alpha_r \text{ etc.}$$

Dans le milieu aimanté (métal) nous avons à remplacer les composantes de la force électrique et de la force magnétique par leurs valeurs telles qu'elles découlent de la théorie de M. Drude[1]. Les deux ondes se propageant avec une vitesse différente sont désignées par les indices ′ et ″, et les valeurs de leurs composants sont :

[1] P. Drude. l. c. p. 365.

$$
(20)\quad \left\{
\begin{aligned}
X' &= \frac{c\pi_1}{\sqrt{\varepsilon_2}} D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
Y' &= i \left(1 + \frac{b'}{\tau} - \frac{\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} c \right) D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
Z' &= - \frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
X'' &= \frac{c\pi_2}{\sqrt{\varepsilon_2}} D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)} \\
Y'' &= -i \left(1 - \frac{b'}{\tau} - \frac{\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} c \right) D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)} \\
Z'' &= - \frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)} \\
\alpha' &= - ic\pi_1 \, D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
\beta' &= \sqrt{\varepsilon_2} \, D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
\gamma' &= ic\mu \, D_1 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)} \\
\alpha'' &= ic\pi_2 \, D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)} \\
\beta'' &= \sqrt{\varepsilon_2} \, D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \pi x - \pi_2 z)} \\
\gamma'' &= - ic\mu \, D_2 \, e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)}
\end{aligned}
\right.
$$

D_1 et D_2 sont proportionnels aux amplitudes des deux ondes.

De (20) l'on tire :

(21)
$$Y' + \frac{i}{\tau} b' Z' = i D_1 e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)}$$
$$Y'' + \frac{i}{\tau} b' Z'' = - i D_2 e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)}$$

et en négligeant les termes de l'ordre b'^2 :

(22)
$$Z' - \frac{i}{\tau} b' Y' = -\left(\frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} - \frac{b'}{\tau}\right) D_1 e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_1 z)}$$
$$Z'' - \frac{i}{\tau} b' Y'' = -\left(\frac{c\mu}{\sqrt{\varepsilon_2}} + \frac{b'}{\tau}\right) D_2 e^{\frac{i}{\tau}(t - \mu x - \pi_2 z)}$$

Les formules (20), (21), (22) montrent que les équations différentielles (1'), (3'), (4'), (6') sont satisfaites identiquement à elles mêmes, tandis que les équations (2') et (5') sont satisfaites si l'on a les relations :

(23)
$$\mu^2 + \pi_1^2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2} + \frac{b'}{\tau} \mu \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c},$$
$$\mu^2 + \pi_2^2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2} - \frac{b'}{\tau} \mu \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c}$$

Si l'on désigne par π la valeur approchée de π_1 et π_2 qui résulte de $b' = 0$ [1], (22) donne :

$$\mu^2 + \pi^2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2}, \text{ c'est-à-dire } \pi_1^2 = \pi^2 + \frac{b'}{\tau} \mu \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c}.$$
$$\pi_2^2 = \pi^2 - \frac{b'}{\tau} \mu \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c}.$$

[1] Vu la petitesse de la valeur de b', il est toujours permis de se contenter d'une approximation du 1er degré par rapport à b'.

c'est-à-dire en se contentant d'une approximation du premier degré par rapport à b' :

$$(24) \qquad \pi_1 = \pi + \frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{2\pi}\frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c} \qquad \pi_2 = \pi - \frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{2\pi}\frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c}.$$

En remplaçant dans (15), (16), (17), (18) X_1, X_2, α_1, α_2 etc. par leurs valeurs tirées de (19) et (20), il vient en effectuant les différentiations indiquées, si l'on pose pour abréger :

$$D_1 e^{-\frac{i}{\tau}\pi_1 l} = D'_1 \qquad D_2 e^{-\frac{i}{\tau}\pi_2 l} = D'_2$$

et si l'on remarque que la constante diélectrique ε_1 de l'air est égale à 1 :

$$(15') \qquad -\frac{i}{\tau}\pi_0 l(E_p - R_p) = i(D'_1 - D'_2) - (E_p + R_p).$$

$$(16') \qquad \frac{1}{c}\frac{i}{\tau} l(E_s + R_s) = \mu^2 c \frac{i}{\tau} q(E_s + R_s) -$$

$$\frac{\mu}{\tau} r(E_p + R_p) - \frac{c\pi_1}{\sqrt{\varepsilon_2}} D'_1 - \frac{c\pi_2}{\sqrt{\varepsilon_2}} D'_2 + c\pi_0(E_s - R_s)$$

$$(17') \qquad \frac{i}{\tau}\pi_0 p(E_s - R_s) = -\sqrt{\varepsilon_2}\,(D'_1 + D'_2) + (E_s + R_s)$$

$$(18') \qquad \frac{i}{\tau}\frac{p}{c}(E_p + R_p) = \frac{\mu}{\tau} r(E_s + R_s) + \frac{i}{\tau}\mu^2 c l(E_p + R_p)$$
$$- ic(\pi_1 D'_1 - \pi_2 D'_2) + c\pi_0(E_p - R_p).$$

En remplaçant dans (16') et (18') les valeurs de π_1 et π_2 tirées de (24) il vient :

$$(25) \qquad \frac{i}{\tau}\left(\frac{l}{c} - \mu^2 c q\right)(E_s + R_s) + \frac{\mu}{\tau} r(E_p + R_p)$$

$$- c\pi_0(E_s - R_s) = -\frac{c\pi}{\sqrt{\varepsilon_2}}(D'_1 + D'_2) - \frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{2\pi}(D'_1 - D'_2)$$

$$(26)\quad \frac{i}{\tau}\left(\frac{p}{c}-\mu^2 cl\right)(E_p+R_p)-\frac{\mu}{\tau}r(E_s+R_s)$$

$$-c\pi_0(E_p-R_p)=-ic\pi(D'_1-D'_2)-i\sqrt{\varepsilon_2}\,\frac{b'}{\tau}\,\frac{\mu}{2\pi}(D'_1+D'_2).$$

De (15′) et (17′) l'on tire :

$$(15'')\quad i(D'_1-D'_2)=E_p+R_p-\frac{i}{\tau}\pi_0 l(E_p-R_p)$$

$$(17'')\quad \sqrt{\varepsilon_2}\,(D'_1+D'_2)=E_s+R_s-\frac{i}{\tau}\pi_0 p(E_s-R_s)$$

Limitons-nous, dès maintenant, au cas où la lumière incidente est polarisée perpendiculairement au plan d'incidence. On a alors $E_p=0$ et d'après (25), (26), (15″), (17″) il vient :

$$(27)\quad \begin{cases} \dfrac{i}{\tau}\left(\dfrac{l}{c}-\mu^2 cq\right)(E_s+R_s)-c\pi_0(E_s-R_s)+\dfrac{\mu}{\tau}rR_p \\ =-\dfrac{c\pi}{\varepsilon_2}\left[E_s+R_s-\dfrac{i}{\tau}\pi_0 p(E_s-R_s)\right] \\ \qquad +i\dfrac{b'}{\tau}\dfrac{\mu}{2\pi}R_p\left(1+\dfrac{i}{\tau}\pi_0 l\right). \end{cases}$$

$$(28)\quad \begin{cases} \dfrac{i}{\tau}\left(\dfrac{p}{c}-\mu^2 cl\right)R_p-\dfrac{\mu}{\tau}r(E_s+R_s) \\ +c\pi_0 R_p=-c\pi R_p\left(1+\dfrac{i}{\tau}\pi_0 l\right) \\ -i\dfrac{b'}{\tau}\dfrac{\mu}{2\pi}\left[E_s+R_s-\dfrac{i}{\tau}\pi_0 p(E_s-R_s)\right]. \end{cases}$$

On peut transformer (28) et écrire :

$$(29)\quad R_p\left\{c(\pi_0+\pi)+\frac{i}{\tau}\left(c\pi_0\pi l+\frac{p}{c}-\mu^2 cl\right)\right\}$$

$$=(E_s+R_s)\left(\frac{\mu}{\tau}r-i\frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{2\pi}\right)-(E_s-R_s)\frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{2\pi}\pi_0\frac{p}{\tau}.$$

Dans cette équation (29), remplaçons (E_s+R_s),

$(E_s - R_s)$ par leur valeur approchée tirée de (27) si l'on fait dans cette dernière $b' = r = 0$. Il vient :

$$(30)\quad \left\{ \begin{aligned} E_s + R_s &= 2R_s \cdot \frac{\pi_0 + \dfrac{i}{\tau}\pi_0\pi\dfrac{p}{\varepsilon_2}}{\left(\pi_0 - \dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right) + \dfrac{i}{\tau}\left(\mu^2 q - \dfrac{l}{c^2} + \pi_0\pi\dfrac{p}{\varepsilon_2}\right)}, \\ E_s - R_s &= 2R_s \cdot \frac{\dfrac{\pi}{\varepsilon_2} + \dfrac{i}{\tau}\left(\dfrac{l}{c^2} - \mu^2 q\right)}{\left(\pi_0 - \dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right) + \dfrac{i}{\tau}\left(\mu^2 q - \dfrac{l}{c^2} + \pi_0\pi\dfrac{p}{\varepsilon_2}\right)}. \end{aligned} \right.$$

La partie réelle du rapport $R_p : R_s$ (pour $E_p = 0$) nous donne la rotation de l'analyseur dite rotation au minimum, c'est-à-dire la rotation nécessaire pour amener à un minimum l'intensité de la lumière rétablie après l'excitation de l'électro-aimant. Cette rotation n'est autre que la rotation ρ_r dont nous nous sommes occupés dans les précédents paragraphes.

De (29) et (30) l'on tire, en négligeant les termes de l'ordre b'^2 et l^2, mais en conservant ceux de l'ordre $b'l$:

$$\left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{E_p = 0} = \frac{\left(-i\dfrac{b'}{\tau}\dfrac{\mu}{\pi} + 2\dfrac{\mu}{\tau}r\right)\pi_0}{c(\pi_0 + \pi)\left(\pi_0 - \dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right) + \dfrac{i}{\tau}\left\{(\pi_0 + \pi)\left(\dfrac{\pi_0\pi p}{\varepsilon_2} - \dfrac{l}{c^2} + \mu^2 q\right) + \left(\pi_0 - \dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right)\left(\pi_0\pi l + \dfrac{p}{c^2} - \mu^2 l\right)\right\}}.$$

En considérant les relations :

$$\mu^2 + \pi_0^2 = \frac{1}{c^2}, \qquad \mu^2 + \pi^2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2}$$

on peut mettre cette dernière équation sous la forme :

$$(31)\quad \left\{ \left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{Ep=o} = \frac{\mu \pi_0}{c(\pi_0 + \pi)\left(\pi_0 - \frac{\pi}{\varepsilon_2}\right)} \cdot \frac{-\frac{i}{\pi}\frac{b'}{\tau} + 2\frac{r}{\tau}}{1 + \frac{i}{\tau}\left(q - l + \frac{p-l}{\varepsilon_2}\right)\frac{\mu^2}{\pi_0 - \frac{\pi}{\varepsilon_2}} + 2\frac{i}{\tau}(p-l)\frac{\pi}{\varepsilon_2 - 1}} \right.$$

La discussion de cette formule serait compliquée. Ce que nous cherchons ici, c'est à expliquer les écarts entre la théorie et les observations pour le cas où nos miroirs étaient *propres*. Pour ce cas nous avons :

$$(32)\qquad p = \varepsilon_2 l, \qquad q = \frac{1}{\varepsilon_2} l.$$

Le problème se réduit donc à chercher si ces écarts peuvent être attribués à l'influence d'une couche superficielle magnétique, c'est-à-dire à une aimantation de la surface du miroir différant de celle de l'intérieur du métal regardé comme homogène.

En remplaçant dans 31 p et q par leurs valeurs tirées de 32 il vient :

$$\left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{Ep=o} = \frac{\mu \pi_0}{c(\pi_0 + \pi)\left(\pi_0 - \frac{\pi}{\varepsilon_2}\right)} \cdot \frac{-\frac{i}{\pi}\frac{b'}{\tau} + 2\frac{r}{\tau}}{1 + 2\frac{i}{\tau}\pi l}$$

ou en remplaçant r par sa valeur (p. 318) et en négligeant les termes en l^2 :

$$\left(\frac{R}{R_s}\right)_{Ep=o} = -i\frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{\pi}\frac{\pi_0}{c(\pi_0 + \pi)\left(\pi_0 - \frac{\pi}{\varepsilon_2}\right)} \left\{ 1 + 2\frac{i}{\tau}\pi \int_1^2 \left(\frac{b}{b'} - 1\right) dz \right\}$$

c'est-à-dire :

$$(33)\quad \left\{ \begin{aligned} \left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{Ep=o} &= -i\frac{b'}{\tau}\frac{\mu}{\pi}\frac{\pi_0}{c(\pi_0+\pi)\left(\pi_0-\dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right)} \\ &+ \frac{2\mu\pi_0}{\tau c(\pi_0+\pi)\left(\pi_0-\dfrac{\pi}{\varepsilon_2}\right)}\int_1^2\left(\frac{b-b'}{\tau}\right)dz. \end{aligned} \right.$$

Si φ désigne l'angle d'incidence de la lumière l'on a les relations :

$$(34)\quad \mu = \frac{\sin\varphi}{c}, \qquad \pi_0 = \frac{\cos\varphi}{c}.$$

De plus (cf. p. 314) l'on a aussi :

$$(35)\quad \varepsilon_2 = n^2(1-ik)^2.$$

Le module de cette quantité complexe ε_2 est, pour le fer, le nickel et le cobalt (et du reste pour presque tous les métaux), si grand par rapport à 1, que dans la formule

$$\pi^2 = \frac{\varepsilon_2}{c^2} - \mu^2 = \frac{\varepsilon_2 - \sin^2\varphi}{c^2}$$

on peut négliger [1] $\sin^2\varphi$ par rapport à ε_2 et poser pour π :

$$(36)\quad \pi = \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{c} = \frac{n(1-ik)}{c}.$$

En se servant de cette approximation il vient :

$$(37)\quad c^2(\pi_0+\pi)\left(\pi_0-\frac{\pi}{\varepsilon_2}\right) = n\cos\varphi - \sin^2\varphi - ink\cos\varphi = A + Bi,$$

où A et B sont des abréviations. De plus l'on a :

$$(38)\quad \tau c = Tc : 2\pi = \lambda : 2\pi.$$

[1] M. Drude a employé cette approximation pour les formules de la réflexion métallique et a montré qu'elle suffit pour rendre compte des phénomènes observés.

si λ représente la longueur d'onde dans l'air de la lumière employée.

En reportant dans (33) les valeurs tirées de (34), (37) et (38) il vient :

(39)
$$\left\{\begin{aligned}\left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{Ep=o} &= -i\frac{b'}{\tau}\frac{\sin\varphi\cos\varphi}{n(1-ik)(A+Bi)}\\ &\quad + 4\pi\frac{\sin\varphi\cos\varphi}{A+Bi}\int_1^2\frac{b-b'}{\tau}\frac{dz}{\lambda}.\end{aligned}\right.$$

$\frac{b'}{\tau}$ est égal à la constante magneto-optique complexe pour le métal. Posons par conséquent :

$$\frac{b'}{\tau} = \sigma_1 + i\sigma_2.$$

$\frac{b}{\tau}$ est égal à la constante magnéto-optique de la couche superficielle, et $\frac{b}{\tau}$ peut être plus grand ou plus petit que $\frac{b'}{\tau}$ suivant que l'intensité de l'aimantation dans la couche est supérieure ou inférieure à celle du métal homogène qui se trouve au-dessous. Posons :

(40)
$$\int_1^2\frac{b-b'}{\tau}dz = \rho(\sigma_1+i\sigma_2)\frac{l}{\lambda}\cdot$$

où l désigne l'épaisseur de la couche superficielle magnétique, et ρ [1] une quantité réelle, positive ou négative. (39) donne :

[1] Dans le cas général, c'est-à-dire si la constante ε de la couche diffère de la constante ε_2 du métal, ρ serait une quantité complexe. Dans le cas particulier nous avons posé $\varepsilon = \varepsilon_2$ et la différence de l'intensité de l'aimantation dans la couche ou dans le métal ne s'explique que pour une intensité différente des courants moléculaires. Dans ce cas, ρ est réel.

(41) $$\left(\frac{R_p}{R_s}\right)_{Ep=o} = \frac{\sigma_1 + i\sigma_2}{A + Bi} \sin\varphi \cos\varphi \left\{ \frac{-i}{n(1-ik)} + 4\pi\rho \frac{l}{\lambda} \right\}.$$

La rotation au minimum, p_r, est la partie réelle de l'équation complexe (41) ; il vient donc :

(42) $$\left\{ \begin{aligned} p_r = \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{n^2(1+k^2)(A^2+B^2)} \Re \Big\{ (A - Bi)(\sigma_1 + i\sigma_2) \Big((nk - in \\ + 4\pi\rho \frac{l}{\lambda} n^2(1+k^2) \Big) \Big\}; \end{aligned} \right.$$

où $\Re$ signifie qu'il ne faut prendre que la partie réelle de la quantité complexe enfermée entre } {. Posons pour abréger :

(43) $$4\pi\rho \frac{l}{\lambda} n^2(1+k^2) = \psi$$

(42) se réduit à :

(44) $$p_r = \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{n^2(1+k^2)(A^2+B^2)} \Big\{ (A\sigma_1 + B\sigma_2)(nk + \psi) + (A\sigma_2 - B\sigma_1) n \Big\};$$

ce que nous pouvons écrire :

(45) $$p_r = \frac{\sin\varphi\cos\varphi}{n^2(1+k^2)(A^2+B^2)} (\sigma_1 C + \sigma_2 D).$$

si l'on pose :

$$\begin{aligned} A &= n\cos\varphi - \sin^2\varphi \\ B &= -nk\cos\varphi \\ C &= nk(2n\cos\varphi - \sin^2\varphi) + \psi A \\ D &= n^2(1-k^2)\cos\varphi - n\sin^2\varphi + \psi B. \end{aligned}$$

La formule (45) nous donne la rotation au minimum p_r. en tenant compte de l'influence qu'une couche superficielle magnétique (éventuellement présente) pourrait exercer. Il reste à comparer cette formule avec les observations faites sur les miroirs pour les cas où ils étaient propres. Le calcul a été fait de la manière sui-

vante : de l'équation $p_r = 0$ (c'est-à-dire pour l'angle d'incidence critique φ') il a été tiré une valeur approchée pour $\sigma_1 : \sigma_2$ en posant en première approximation $\psi = 0$. Ensuite en se servant de (45), il a été cherché pour quelle valeur de ψ la concordance entre le calcul et les observations était la meilleure. En tenant compte de cette valeur de ψ le rapport $\sigma_1 : \sigma_2$ a ensuite été calculé en seconde approximation, et enfin les rotations p_r calculées pour tous les angles d'incidence.

Pour le *nickel* j'ai trouvé : $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 : 1{,}015$ en première approximation ; $\psi = -1{,}3$; enfin en seconde approximation $\sigma_1 : \sigma_2 = 1 ; 1{,}50$. Les valeurs des rotations calculées avec l'aide de ψ et sans ψ sont rapportées dans la tabelle suivante.

φ	$2\,pr$ obs.	$2\,pr$ calc. sans ψ	$2\,pr$ calc. avec ψ
30°	+ 1,3′	+ 0,35′	+ 0,5′
40	+ 1,1	+ 0,2	+ 0,3
50	— 0,38	— 0,15	— 0,03
60	— 0,66	— 0,8	— 0,6
65	— 2,1	— 1,8	+ 1,45
70	— 1,4	— 2,8	— 2,2
78	— 1,1	— 3,9	— 2,9

La concordance n'est pas encore parfaite (cf. fig. IV de la planche, courbe D) ; elle est cependant meilleure que pour la courbe B ou la courbe C. L'on peut donc bien dire qu'une couche superficielle magnétique agit dans ce sens qu'elle diminue les écarts existant entre la théorie et les observations. Il faut peut-être rapporter les écarts qui restent encore à ce fait que nous avions posé $\varepsilon = \varepsilon_2$, ce qui n'est évidemment pas rigoureusement exact. — Remarquons que ψ a une valeur négative : cela correspond à une valeur négative de ρ (formule 40) c'est-à-dire que l'on a, pour le nickel $b < b'$; la couche superficielle n'est pas

aimantée aussi fortement que l'intérieur du métal, d'où l'on conclut que la susceptibilité magnétique de la couche n'est pas aussi forte que celle du métal. Remarquons ensuite qu'il suffit que l'épaisseur de la couche soit très petite pour expliquer les écarts de la théorie qui ne tient pas compte des couches superficielles. En effet, d'après (43). pour $\psi = - 1{,}3$ il vient $\rho \frac{l}{\lambda} = \frac{1}{150}$. En faisant l'hypothèse que l'intensité de l'aimantation de la couche ne diffère que de $\frac{1}{10}$ de celle du métal, une épaisseur $l = \frac{1}{15} \lambda$ suffirait donc ici pour expliquer ces différences qui sont cependant assez notables dans le cas du nickel.

Pour le *Cobalt* les calculs ont été faits d'une manière tout à fait analogue. J'ai trouvé : $\sigma_1 : \sigma_2 = 1{,}66$; $\psi = - 0{,}5$; $\sigma_1 : \sigma_2 = 1{,}60$. La tabelle suivante contient les résultats du calcul :

φ	$2\,pr$ obs.	$2\,pr$ calc. sans ψ	$2\,pr$ calc. avec ψ
40	+ 2,7′	+ 4,5′	+ 4,1′
50	+ 3,4	+ 4,9	+ 4,5
60	+ 4,3	+ 4,4	+ 4,4
65	+ 4,8	+ 3,7	+ 3,9
70	+ 4,0	+ 2,3	+ 2,7
75	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,3
78	— 2,3	— 1,9	— 1,5
80	— 3,4	— 3,0	— 2,4
85	— 1,75	— 3,2	— 2,6

Dans ce cas aussi, la concordance est un peu améliorée (fig. III. courbe D) cependant pas non plus absolument satisfaisante; ψ a pour le cobalt de même que pour le nickel une valeur négative, c'est-à dire la surface du miroir est aimantée un peu moins fortement que l'intérieur. En faisant la même hypothèse que plus haut, c'est-à-

dire en posant $b = \frac{9}{10} b'$ l'on a, en remplaçant dans (43) ψ par $-0,5$, $\rho \frac{l}{\lambda} = \frac{1}{500}$. Il suffit ici que la couche ne soit que de $\frac{1}{50} \lambda$.

Conclusions.

Du présent travail il résulte les faits suivants :

1° *Moins un miroir est propre, plus l'angle d'incidence critique diminue.* (L'angle d'incidence critique désigne l'angle d'incidence pour lequel la rotation magneto-optique du plan de polarisation de la lumière polarisée perpendiculairement au plan d'incidence, change de sens, le miroir étant aimanté équatorialement.)

2° *Une constante magneto-optique ne suffit pas pour le nickel et le cobalt à rendre compte des phénomènes magneto-optiques observés, même dans le cas où la surface de ces miroirs est aussi propre que possible.*

3° *Même en employant deux constantes magneto-optiques il reste des écarts entre la théorie et les observations.*

4° *Ces différences s'expliquent en partie,* et l'on peut les calculer d'une façon approximative, *en faisant l'hypothèse que le miroir n'est pas aimanté d'une façon absolument homogène.*

5° En comparant les faits observés à la théorie ainsi amplifiée, l'on trouve que pour le nickel et le cobalt, aimantés équatorialement, l'intensité de l'aimantation de la surface du miroir est un peu moins forte que celle de l'intérieur. *Il suffit que l'épaisseur de cette couche superficielle soit pour le nickel de l'ordre de grandeur de $^1/_{15}$ de la longueur d'onde dans l'air de la lumière employée, pour le cobalt seulement de l'ordre de grandeur de $^1/_{50}$ de la longueur d'onde de la lumière.*

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AUX

FORTIFICATIONS DE SAINT-MAURICE

pendant l'année 1898

RÉSUMÉ

PAR

R. GAUTIER

Directeur de l'Observatoire de Genève
Lt-Colonel du Génie.

(*Suite et fin* [1]).

III. Résumé annuel.

Ce résumé aura, en abrégé, la forme des résumés météorologiques pour Genève et le Grand St-Bernard. Je l'ai réduit aux tableaux principaux ; je ne disposais d'ailleurs pas des valeurs moyennes permettant de calculer les écarts.

De même que pour Genève et le Grand St-Bernard, j'ai conservé, comme période totale, l'*année météorologique 1897-98*, afin de pouvoir grouper les résultats par *saisons*. Mais comme l'année civile est actuellement à la base de la plupart des travaux météorologiques, j'ai introduit partout les résultats du mois de décembre 1898, qui ne sont pas encore publiés en détail, et de l'*année civile 1898*.

[1] Voir *Archives*, t. IX, mars 1900, p. 209.

Ce « résumé » ne porte naturellement que sur les quatre éléments météorologiques observés aux fortifications de St-Maurice : la *température*, la *pression atmosphérique*, la *nébulosité* et la *pluie* et la *neige*.

Les indications de détail ayant déjà été fournies dans les pages précédentes, je me borne ici à quelques explications relatives aux tableaux du résumé, dont les éléments se trouvent, pour la plupart, dans les tableaux mensuels.

I. Température.

Les *tableaux I* et *II* fournissent, pour les deux stations de Savatan et de Dailly : 1° Les valeurs moyennes des températures des différentes périodes (mois, saisons, année) pour les trois époques diurnes d'observation ; 2° les températures moyennes des mêmes périodes calculées, comme dans les publications du Bureau météorologique central suisse[1], sur deux formules différentes : *a*) en prenant la moyenne arithmétique des trois températures moyennes diurnes, *b*) en attribuant un poids double à l'observation de 9 heures du soir ; ce sont ces dernières moyennes que j'ai employées plus loin ; 3° les valeurs moyennes, pour les mêmes périodes, des températures minima et maxima. Ces derniers chiffres manquent pour le mois de décembre 1897 et pour l'hiver, d'après la remarque faite précédemment.

L'année 1898 (météorologique) a été sensiblement plus chaude que la moyenne à Genève et au Grand St-Bernard (écarts : + 0°.6, + 1°.1). Il est donc probable qu'il en a été de même pour les stations des fortifi-

[1] Annalen der schweizerischen meteorologischen Central-anstalt.

I. — TEMPÉRATURE. SAVATAN, 1898

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne (7+1+9)/3	Températ. moyenne (7+1+2x9)/4	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°		
Déc. 1897.	(+ 0.2)	(+ 4.4)	(+ 0.7)	(+ 1.8)	(+ 1.5)	....	....
Janv. 1898	+ 0.73	2.44	1.02	1.40	1.30	- 0.4	+ 4.7
Février	- 0.74	1.89	0.40	0.52	0.49	- 2.0	4.1
Mars	+ 1.56	4 83	3.26	3.22	3.23	+ 0.6	6.9
Avril	6.22	10.91	8.19	8.44	8.38	4.8	13.4
Mai	9.03	12.58	10.54	10.72	10.67	7.4	15.4
Juin	12.41	15.85	14.43	14.23	14.28	10.5	18.4
Juillet	13.69	19.15	16.20	16.35	16.31	12.3	21.2
Août	16.11	21.38	18.77	18.75	18.76	14.6	23.9
Septembre.	13.93	19.36	16.80	16.69	16.72	12.9	21.2
Octobre ...	9 48	12.42	10.85	10.92	10.90	8.2	14.0
Novembre.	4.96	7.85	5.79	6.20	6.10	+4.1	9.2
Décembre .	0.84	3.23	1.54	1.87	1.79	-0.7	4.3
Hiver.....	+ 0.08	+ 2.94	+ 0.71	+ 1.24	+ 1.11	....	....
Printemps.	5.59	9.42	7.32	7.45	7.41	+ 4.2	+11.9
Eté.......	14.09	18.82	16.49	16.47	16.47	12.5	21.2
Automne..	9.46	13.20	11.14	11.27	11.24	8.4	14.8
Année mét.	+ 7.34	+11.14	+ 8.96	+ 9.14	+ 9.10	....	....
Année civ.	+ 7.39	+11.04	+ 9.03	+ 9.15	+ 9.12	+6.1	+13.1

II. TEMPÉRATURE. DAILLY, 1898

Période	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.	Températ. moyenne (7+1+9)/3	Températ. moyenne (7+1+2x9)/4	Minimum moyen	Maximum moyen
	°	°	°	°	°		
Déc. 1897.	(- 0.8)	(+ 0.6)	(- 0.4)	(- 0.2)	(- 0.2)	....	....
Janv. 1898	+ 2.45	+ 6.38	+ 3.18	+ 4.01	+ 3.80	+ 0.1	+ 8.6
Février ...	- 2.64	- 0.06	- 1.98	- 1.56	- 1.66	- 4.6	2.2
Mars	- 1.05	+ 1.58	+ 0 10	+ 0.21	+ 0.18	- 2.2	4.0
Avril....	+ 3.33	6.63	4 52	4.83	4.75	+ 1.9	8.7
Mai	5.87	9.94	7.01	7.30	7.23	4.0	11.6
Juin	10 06	12.07	10.52	10.88	10.79	7.4	14.6
Juillet....	10.89	14.96	13.20	13.02	13.06	9.2	17.0
Août	13.48	18 16	16 05	15.90	15.94	11.4	20.9
Septembre	11.70	16.48	14.49	14.22	14.29	10.4	18.6
Octobre ...	7 78	10.27	8.13	8.73	8.58	5.9	12.4
Novembre.	4 39	6.93	4.69	5.34	5.18	+ 2.3	8.4
Décembre.	- 0.12	2 56	0.80	1.03	1.01	- 2.6	4.8
Hiver.....	- 0.24	+ 2 40	+ 0.35	+ 0.84	+ 0.71	....	....
Printemps	+ 2.71	5 74	3.87	4.11	4.05	+ 1.2	+ 8.1
Eté	11.49	15.09	13.29	13.29	13.29	9.4	17.5
Automne.	7.95	11.22	9.09	9.42	9.34	6.2	13 1
Année mét.	+ 5.50	+ 8.64	+ 6.68	+ 6.94	+ 6.87	....	....
Année civ.	+ 5.56	+ 8.80	+ 6.78	+ 7.05	+ 6.98	+ 3.6	+11 0

cations de St-Maurice et que les températures obtenues : (+ 9°.1 pour Savatan, + 6°.9 pour Dailly) sont supérieures à la moyenne annuelle qui résultera de la considération d'un certain nombre d'années.

Les *températures moyennes mensuelles extrêmes* sont, comme au Grand St-Bernard, celles des mois de février et d'août :

	Savatan	Dailly
Mois le plus froid, février 1898 :	+ 0°.49	— 1°.66
» chaud, août »	+ 18.76	+ 15.94
Amplitude annuelle	18.27	17.60

Si l'on compare les températures des deux stations dans le cours de l'année, on trouve, comme c'était à prévoir, une *décroissance variable avec l'altitude*, suivant les mois et les saisons. La différence de hauteur des thermomètres est exactement de 563^{m}.

L'*hiver* fournit une décroissance faible de 0°.4, donnant seulement 0°.07 pour 100 mètres d'élévation. — Au mois de *janvier*, les circonstances sont renversées, il fait plus chaud à Dailly qu'à Savatan, et la décroissance avec la hauteur est *négative*, de — 2°.5, soit — 0°.44 pour 100^{m}.

Le *printemps* donne la décroissance maximum : 3°.36, soit 0°.60 pour 100^{m}, avec maximum de l'année au mois d'avril : 0°.65 pour 100^{m}.

L'*été* donne 3°.18, soit 0°.57 pour 100^{m}.

L'*automne* donne 1°.90, soit 0°.34 pour 100^{m}.

L'*année météorologique* donne, en moyenne : 2°.23, ou 0°.40 par 100^{m}.

Les *tableaux III* et *IV* fournissent, pour les deux stations, le classement des jours de chaque mois et de l'année, d'après leurs températures moyennes, ces tempé-

III. Classement des Températures diurnes. SAVATAN, 1898.

Époque	Nombre de jours dont la température est comprise entre							Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−10° et −5	−5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1897....	—	(11)	(14)	(6)	—	—	—	− 3°.4 le 24	+ 9°.2 le 15
Janvier 1898.	—	(10)	(19)	1	1	—	—	− 3.8 le 21	10.0 le 1
Février......	—	9	19	—	—	—	—	− 4.0 le 6	4.8 le 2
Mars........	—	5	18	8	—	—	—	− 2.3 le 6	9.5 le 20
Avril.......	—	—	5	16	9	—	—	+ 2.2 le 2	13.4 le 10
Mai.........	—	—	1	8	20	2	—	4.7 le 13	18.3 le 2
Juin........	—	—	—	2	18	9	1	9.1 le 2	20.6 le 22
Juillet.......	—	—	—	—	10	17	4	12.1 le 14	21.7 le 18
Août........	—	—	—	1	3	15	12	9.4 le 9	24.7 le 20
Septembre...	—	—	—	1	8	16	5	9.8 le 29	22.6 le 11
Octobre.....	—	—	1	5	25	—	—	+ 4.5 le 12	13.9 le 4
Novembre...	—	1	9	20	—	—	—	− 0.3 le 30	10.0 le 4
Décembre....	1	6	21	3	—	—	—	− 5.8 le 23	6.2 le 19
Année mét...	0	36	86	68	94	59	22	− 4.0 le 6 fév.	+24.7 le 20 août
Année civile	1	31	93	65	94	59	22	− 5.8 le 23 déc.	» »

IV. Classement des Températures diurnes. DAILLY, 1898.

Époque	Nombre de jours dont la température est comprise entre							Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	−10° et −5	−5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20	+20° et +25		
Déc. 1897...	—	(16)	(15)	—	—	—	—	(− 4°.1 le 22)	(+ 3°.7 le 31)
Janvier 1898.	—	1	20	10	—	—	—	0.0 le 28	10.0 le 6
Février......	4	17	6	1	—	—	—	− 7.3 le 6	6.5 le 2
Mars........	3	11	15	2	—	—	—	− 6.5 le 6	7.6 le 19
Avril.......	—	4	9	16	1	—	—	− 1.9 le 3	10.4 le 10
Mai.........	—	—	6	20	5	—	—	+ 1.0 le 7	12.8 le 2
Juin........	—	—	—	12	15	3	—	5.4 le 3	17.9 le 22
Juillet.......	—	—	—	5	17	9	—	6.4 le 14	19.2 le 19
Août........	—	—	—	2	12	10	7	6.4 le 9	21.6 le 20
Septembre...	—	—	—	4	15	8	3	5.2 le 29	20.5 le 9
Octobre.....	—	—	3	14	14	—	—	+ 1.6 le 12	12.6 le 5
Novembre...	—	1	10	19	—	—	—	− 3.6 le 30	8.9 le 14
Décembre....	3	9	12	7	—	—	—	− 7.1 le 22	9.0 le 7
Année mét...	7	50	84	105	79	30	10	− 7.3 le 6 fév.	+21.6 le 20 août
Année civile.	10	43	81	112	79	30	10	» »	

ratures étant groupées entre des limites variant de 5 en 5 degrés, entre — 10° et + 25°.

Les chiffres du mois de décembre et ceux du mois de janvier, pour Savatan, sont mis *entre parenthèses* pour les raisons déjà exposées. Ces tableaux donnent aussi, pour les mêmes périodes, les indications des jours à températures moyennes extrêmes.

Je joins à ces considérations celle de l'anomalie de *l'inversion de la température*, résultant de ce qu'il fait plus chaud dans la station plus élevée que dans la station plus basse. C'est au mois de *janvier* que les cas d'inversion ont été le plus fréquents, comme il résulte immédiatement de l'inspection des tableaux précédents. Il n'y en a pas eu dans les mois d'avril à juillet.

Le petit tableau suivant donne le relevé exact du nombre de cas d'inversion dans le cours de l'année. J'ai deux remarques à faire à ce propos : 1° Au mois de décembre 1897, le nombre constaté des cas d'inversion doit être inférieur au nombre réel, à cause de la situation trop enterrée des thermomètres de Dailly. 2° Au mois de janvier 1898, il s'ajoute aux 17 cas d'inversion des 22 premiers jours du mois, les 9 derniers jours pour lesquels les indications des thermomètres à minimum et à maximum donnent, comme très probable, qu'il a fait plus chaud à Dailly qu'à Savatan.

Jours d'inversion de la température.

Décembre	1897 :	7 jours	Août	1898 :	1 jours
Janvier	1898	26 »	Septembre	»	2 »
Février	»	3 »	Octobre	»	3 »
Mars	»	2 »	Novembre	»	9 »
....			Décembre	»	13 »
Année météorologique		53	Année civile		59

Les *tableaux V* et *VI* fournissent les *températures extrêmes* observées aux deux stations de Savatan et de

V. Températures extrêmes. SAVATAN, 1898.

Époque	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au dessous de 0°
	°		°			
Décemb. 1897.	(−6.4	le 23)	(+13.8	le 15)	(19)	(3)
Janvier 1898.	−5.2	les 17 et 22	12.5	le 6	19	0
Février......	−7.5	le 6	12.4	le 2	23	3
Mars........	−4.0	le 6	14.6	le 19	16	—
Avril	−0.2	le 4	18.4	le 27	—	—
Mai.........	3.0	les 7, 13 et 14	25.4	le 2	—	—
Juin	5.2	le 3	25.4	le 21	—	—
Juillet.......	8.0	les 6 et 15	28.2	le 18	—	—
Août........	7.6	le 10	29.8	le 21	—	—
Septembre ...	7.3	le 26	29.0	le 10	—	—
Octobre	−3.8	le 12	17.6	le 3	—	—
Novembre ...	−0.7	le 30	14.4	le 12	1	—
Décembre ...	−7.6	le 23	9.4	le 7	14	4
Année mét...	−7.5	le 6 février	+29.8	le 21 août	78	6
Année civile .	−7.6	le 23 déc.	+29.8	le 21 août	73	7

VI. Températures extrêmes. DAILLY, 1898.

Époque	Minimum absolu	Date	Maximum absolu	Date	Nombre de jours: Minimum au dessous de 0°	Nombre de jours: Maximum au dessous de 0°
	°		°			
Décemb. 1897.	(− 5.2	le 22)	(+4.8	le 17)	(21)	(7)
Janvier 1898.	− 3.0	le 29	14.0	le 6	16	0
Février......	−10.8	le 6	15.2	le 2	28	6
Mars........	− 7.2	le 26	14.0	le 19	24	4
Avril	− 3.3	le 4	13.5	les 10 et 11	8	1
Mai.........	− 2.0	le 3	19.0	le 2	2	—
Juin	− 2.0	le 3	20.6	le 21	—	—
Juillet.......	4.8	le 14	26.3	le 19	—	—
Août........	4.3	le 9	26.3	le 20	—	—
Septembre...	3.9	le 29	25.9	le 9	—	—
Octobre	+ 0.1	le 12	16.9	le 5	—	—
Novembre ...	− 5.0	le 30	12.5	les 9, 10, 13 et 14	9	1
Décembre....	−11.0	le 23	+12.8	le 6	25	3
Année mét...	−10.8	le 6 févr.	+26.3	les 19 juil. et 20 août	108	19
Année civile .	−11.0	le 23 déc.	+26.3	» » » »	112	15

Dailly, ainsi que les indications sur les nombres de jours où le minimum ou le maximum sont restés au-dessous de zéro, ce qui donne ce que l'on appelle les *jours de gel* et les *jours de non-dégel.*

Toutes ces indications ne peuvent être prises sur les tableaux mensuels publiés plus haut, mais elles ont été relevées sur les feuilles d'observations originales et sur les feuilles de réduction conservées à l'observatoire.

Les *amplitudes extrêmes* constatées sont, d'après les tableaux V et VI, 37°.3 à Savatan et 37°.1 à Dailly.

A noter encore que, pour le mois de décembre 1897, pour lequel les indications sont mises *entre parenthèses,* j'ai pris comme températures minima, celles observées à 7 heures du matin et comme températures maxima, celles de 1 heure de l'après-midi, ce qui est admissible pour les mois d'hiver.

II. Pression atmosphérique.

Les *tableaux VII* et *VIII* donnent d'abord, pour Savatan et pour Dailly, les valeurs moyennes de la pression atmosphérique pour les mois, les saisons et l'année météorologique et civile. Ces valeurs moyennes sont les moyennes arithmétiques des pressions moyennes des mêmes périodes prises aux trois époques des observations diurnes. Les colonnes suivantes des tableaux fournissent les différences entre ces moyennes des trois observations diurnes et la moyenne générale de la période. On ne peut naturellement, au moyen de ces trois données, déduire la courbe de la variation diurne de la pression atmosphérique, mais on peut cependant constater une légère différence dans les oscillations des deux baromètres placés à des altitudes différant de 564^m.75.

VII. Pression atmosphérique. SAVATAN, 1898.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Décembre 1897....	705.48	+ 0.21	– 0.16	– 0.05
Janvier 1898........	711.82	– 0.43	– 0.31	+ 0.43
Février...........	703.39	– 0.45	– 0.10	– 0.06
Mars.............	697.44	+ 0.24	– 0.25	+ 0.03
Avril.............	701.73	0.00	– 0.26	+ 0.26
Mai	701.12	– 0.02	– 0.44	– 0.41
Juin..............	704.03	– 0.23	– 0.18	– 0.41
Juillet............	705.86	+ 0.21	– 0.32	– 0.12
Août.............	706.81	– 0.27	– 0.31	– 0.04
Septembre	706.62	– 0.54	– 0.26	– 0.27
Octobre...........	702.32	– 0.44	– 0.46	+ 0.26
Novembre.........	701.85	– 0.44	– 0.27	+ 0.16
Décembre.........	709.21	+ 0.22	– 0.24	+ 0.03
Hiver	707.01	+ 0.08	– 0.49	+ 0.41
Printemps	700.08	+ 0.08	– 0.21	+ 0.44
Été	705.58	– 0.09	– 0.27	– 0.49
Automne	703.58	– 0.48	– 0.23	+ 0.06
Année météorolog..	704.05	– 0.40	– 0.23	+ 0.13
Année civile.......	704.37	– 0.40	– 0.23	– 0.43

VIII. Pression atmosphérique. DAILLY, 1898.

Période	Pression moyenne	7 h. m.	1 h. s.	9 h. s.
	mm.	mm.	mm.	mm.
Décembre 1897....	657.79	– 0.42	– 0.14	– 0.26
Janvier 1898	664.07	– 0.06	– 0.20	– 0.25
Février...........	655.71	+ 0.03	– 0.02	– 0.01
Mars	650.56	– 0.01	– 0.05	+ 0.05
Avril.............	655.09	– 0.12	+ 0.09	– 0.02
Mai	654.95	– 0.41	– 0.01	+ 0.11
Juin..............	657.75	– 0.42	– 0.30	– 0.72
Juillet	659.45	– 0.26	– 0.20	+ 0.46
Août	660.66	– 0.19	0.00	– 0.20
Septembre.........	660.04	– 0.13	– 0.44	0.00
Octobre...........	655.35	– 0.23	– 0.25	+ 0.49
Novembre.........	655.11	– 0.03	– 0.04	0.00
Décembre.........	661.57	– 0.24	– 0.04	– 0.20
Hiver	659.30	+ 0.03	– 0.02	– 0.01
Printemps.........	653.51	– 0.08	+ 0.02	+ 0.06
Été	659.31	– 0.30	– 0.17	+ 0.46
Automne.........	656.82	– 0.02	– 0.44	+ 0.17
Année météorolog..	657.22	– 0.09	– 0.08	+ 0.17
Année civile.......	657.55	– 0.08	– 0.09	+ 0.18

La variation annuelle de la pression est très semblable aux deux stations. Elle présente un maximum principal en janvier et un minimum principal en mars; puis un maximum secondaire en août et un minimum secondaire en novembre; enfin, entre ces deux oscillations principales, une troisième et légère oscillation en avril et mai.

IX. Pressions extrêmes. SAVATAN, 1898.

Époque	Minimum	Maximum	Amplitude
Décembre 1897	692.9 le 31	715.7 le 27	22.8
Janvier 1898..........	689.2 le 1	719.7 le 29	30.5
Février...............	682.7 le 4	715.5 le 1	32.8
Mars.................	685.5 le 27	707.1 le 18	21.6
Avril	690.4 le 2	711.9 le 7	21.5
Mai..................	691.7 le 12	707.7 le 5	16.0
Juin..................	696.2 le 16	710.2 le 30	14.0
Juillet...............	700.7 le 13	711.0 le 1	10.3
Août.................	697.9 le 8	710.2 le 23	12.3
Septembre...........	697.1 le 30	712.8 le 3	15.7
Octobre..............	686.0 le 17	712.4 le 22	26.4
Novembre............	684.4 le 25	710.3 le 15	25.9
Décembre............	691.5 le 30	718.0 le 11	26.5
Année météorologique.. / Année civile..........	682.7 le 4 fév.	719.7 le 29 janv.	37.0

X. Pressions extrêmes. DAILLY, 1898.

Époque	Minimum	Maximum	Amplitude
Décembre 1897	647.2 le 31	667.0 le 27	19.8
Janvier 1898..........	644.0 le 1	671.6 le 29	27.6
Février...............	637.5 le 4	668.3 le 1	30.8
Mars.................	639.2 le 27	660.2 le 18	21.0
Avril.................	643.8 le 2	665.1 le 7	21.3
Mai..................	645.6 le 12	660.5 le 5	14.9
Juin..................	649.0 le 16	663.2 le 19	14.2
Juillet...............	654.8 le 13	663.7 le 1	8.9
Août.................	653.2 le 8	663.1 le 23	9.9
Septembre...........	650.3 le 30	664.9 le 3	14.6
Octobre..............	639.8 le 17	664.0 le 22	24.2
Novembre............	638.9 le 25	664.5 le 15	25.6
Décembre............	645.4 le 30	669.7 le 11	24.3
Année météorologique.. / Année civile..........	637.5 le 4 fév.	671.6 le 29 janv.	34.1

La différence moyenne annuelle de la pression entre les deux stations est de 46^{mm}.83. Si l'on tient compte des valeurs moyennes annuelles; 1° de la pression, 704^{mm}.05 et 657^{mm}.22; 2° de la température : 9°.1 et 6°.9; et que l'on adopte la valeur 0.75 pour la fraction de saturation moyenne aux deux stations, les tables hypsométriques de Plantamour donnent, pour la différence d'altitude entre Savatan et Dailly : 569^{m}.7 qui ne diffère que de 5^{m} de la valeur résultant du nivellement.

Les *tableaux IX* et *X* reproduisent pour les deux stations les valeurs extrêmes de la pression atmosphérique, relevées sur les tableaux contenant toutes les valeurs de la pression mesurée trois fois par jour et réduite à zéro.

III. Nébulosité.

D'après les conventions météorologiques, la *nébulosité* s'exprime par un nombre compris entre 0 et 10. Zéro (0) correspond à un ciel entièrement clair; dix (10) à un ciel entièrement couvert. On déduit les nébulosités moyennes des mois, des saisons et de l'année des valeurs de la nébulosité des différents jours fournies dans les tableaux mensuels.

Dans le *tableau XI*, la nébulosité ou l'état du ciel aux deux stations est indiqué de deux manières différentes : 1° par le nombre des jours *clairs*, *peu nuageux*, *très nuageux* et *couverts*, ces désignations correspondant aux valeurs moyennes de la nébulosité diurne comprises entre les limites : 0.0 et 2.5, 2.5 et 5.0, 5.0 et 7.5, 7.5 et 10.0; 2° par la valeur moyenne de la nébulosité de chaque période.

Le mois le plus nébuleux a été *mars*, aux deux sta-

tions, et le moins nébuleux *septembre*, aux deux stations également. Le printemps a été partout la saison la plus nébuleuse, l'été la moins nébuleuse. L'année civile est un peu plus claire que l'année météorologique, décembre 1897 ayant présenté une nébulosité plus forte que décembre 1898.

XI. État du Ciel.

Période.	Savatan					Dailly				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne.	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très nuag.	Jours couverts.	Nébulosité moyenne
Déc. 1897	12	1	3	15	5.5	15	3	3	10	4.1
Janv. 1898	19	5	4	3	2.7	19	7	3	2	2.4
Février	7	4	3	14	6.1	9	3	4	12	5.8
Mars	4	3	9	15	7.0	5	6	8	12	6.1
Avril	7	6	9	8	5.4	6	6	5	13	5.9
Mai	1	5	9	16	7.1	3	5	9	14	6.7
Juin	5	7	6	12	6.1	9	6	3	12	5.5
Juillet	11	5	8	7	4.2	11	8	8	4	3.8
Août	16	9	1	5	2.9	20	5	3	3	2.5
Septembre	18	9	0	3	2.5	22	3	2	3	2.0
Octobre	7	6	4	14	6.0	8	3	8	12	5.8
Novembre	3	9	8	10	6.2	11	6	6	7	4.5
Décembre	16	5	4	6	3.6	15	5	5	6	3.6
Hiver	38	10	10	32	4.7	43	13	10	24	4.0
Printemps	12	14	27	39	6.5	14	17	22	39	6.2
Été	32	21	15	24	4.4	40	19	14	19	3.9
Automne	28	24	12	27	4.9	41	12	16	22	4.1
Année mét.	110	69	64	122	5.1	138	61	62	104	4.6
Année civ.	114	73	65	113	5.0	138	63	64	100	4.5

Si l'on compare les deux stations l'une à l'autre, on trouve, comme on pouvait s'y attendre, que Dailly a une nébulosité plus faible que Savatan, pendant onze mois sur douze. Ce n'est qu'au mois d'avril, que Savatan a un chiffre de nébulosité inférieur. Dailly bénéficie donc en toute saison, au point de vue de la nébulosité, de son altitude supérieure.

IV. Pluie et neige.

Le *tableau XII* contient le résumé de toutes les données relatives aux précipitations atmosphériques que l'on peut extraire des tableaux mensuels.

XII. Précipitations atmosphériques dans l'année 1898.

Période	Hauteur d'eau tombée en mm.				Nombre de jours de précipitations			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	mm.	mm.	mm.	mm.				
Déc. 1897.	30.5	30.7	17.6	16.2	5	6	8	10
Janv. 1898	6.1	5.4	6.1	6.3	3	2	2	3
Février...	89.9	98.5	54.8	33.5	14	15	15	13
Mars.....	50.9	56.1	53.1	41.5	12	12	11	12
Avril.....	79.1	93.9	124.7	48.4	13	12	14	14
Mai......	95.0	103.6	113.5	77.7	24	22	20	22
Juin......	119.4	119.1	127.1	110.0	19	16	15	18
Juillet....	71.9	83.3	87.6	64.5	10	9	11	9
Août.....	65.3	70.6	88.3	59.2	11	11	9	11
Septembre.	58.2	60.7	72.0	52.4	4	4	6	4
Octobre...	86.9	91.7	111.9	65.2	16	15	16	15
Novembre.	69.1	75.9	72.1	34.2	13	12	9	12
Décembre.	28.5	26.5	30.3	11.5	9	9	9	9
Hiver.....	126.5	134.6	78.5	56.0	22	23	25	26
Printemps.	225.0	253.6	291.3	167.6	49	46	45	48
Été......	256.6	273.0	303.0	233.7	40	36	35	38
Automne..	214.2	228.3	256.0	151.8	33	31	31	31
Année mét.	822.3	889.5	928.8	609.1	144	136	136	143
Année civ.	820.3	885.3	941.5	604.4	148	139	137	142

Si l'on compare d'abord l'ensemble des quatre stations des fortifications de St-Maurice avec Genève et le Grand St-Bernard, on trouve un total de précipitations atmosphériques de même ordre qu'à Genève et inférieur au chiffre du Grand St-Bernard. On trouve en effet dans le résumé annuel[1].

	Genève	Grand St-Bernard
Année météorologique	900mm.5	1246mm.6
» civile	861.7	1148.3

[1] Résumé météorologique de l'année 1898 pour Genève et le Grand St-Bernard. *Archives*, août et septembre 1899.

Pour le nombre de jours de pluie, les chiffres des fortifications concordent également avec les totaux de Genève, 140 pour l'année météorologique et 144 pour l'année civile.

Si l'on néglige, pour les quatre stations, les jours où il est tombé moins de 1^{mm} d'eau, on trouve :

	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
Année météorologique	102	108	105	99
» civile	105	111	108	99

nombres qui correspondent assez bien avec ceux de Genève, 95 et 94, et moins bien avec ceux du Grand St-Bernard, 70 et 65, où l'on ne tient évidemment pas compte des jours où il ne tombe qu'une faible quantité d'eau.

Si l'on compare ensuite les quatre stations entre elles, on trouve, pour les trois premières, une croissance graduelle de l'abondance des chutes d'eau avec l'altitude, laquelle correspond avec la règle générale. La station de l'Aiguille constitue-t-elle une anomalie ? et pleut-il réellement moins au sommet de la montagne qu'au pied et aux différentes hauteurs ? Je ne le crois pas ; je crois plutôt que le pluviomètre de l'Aiguille n'est pas assez abrité contre le vent, qui souffle toujours très violemment à cette station et empêche l'instrument de récolter toute l'eau qui tombe, la neige surtout. Il faudra donc déplacer ce pluviomètre, mais il est très difficile de trouver un emplacement favorable et suffisamment abrité, sans l'être trop. J'estime donc qu'il convient provisoirement de ne pas accorder trop de valeur aux résultats de cette station.

L'accroissement de la hauteur d'eau récoltée, de Lavey à Dailly, est bien accusé et dépasse 100^{mm} dans l'année, mais il n'est pas constant en toute saison. En hiver, c'est

Savatan qui donne le maximum d'eau tombée; dans les trois autres saisons, c'est Dailly, avec le maximum relatif au printemps.

Le *tableau XIII* fournit la récapitulation des hauteurs de la neige tombée aux quatre stations, avec l'indication du nombre de jours de neige. La neige ayant été mesurée à l'Aiguille en un autre point que celui où se trouve le pluviomètre, c'est en cette station que l'on constate le maximum de neige, comme on pouvait s'y attendre.

XIII. Neige dans l'année 1898.

Période	Hauteur de neige en centimètres				Nombres de jours de neige			
	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille	Lavey	Savatan	Dailly	Aiguille
	cm.	cm.	cm.	cm.				
Déc. 1897 .	2	15	21	53	1	2	5	7
Janv. 1898.	—	—	—	—	—	—	—	—
Février . . .	44	54	91	86	8	8	12	8
Mars.	26	40	72	138	7	6	8	7
Avril	—	—	31	41	—	—	1	2
Octobre. . .	—	—	—	19	—	—	—	1
Novembre.	—	5	39	79	—	1	4	5
Décembre .	2	2	21	36	1	1	7	7
Année mét.	72	114	254	446	16	17	30	30
Année civ.	72	101	254	399	16	16	32	30

Dans les deux stations inférieures la neige n'est plus restée sur le sol après le mois de mars. Elle a disparu en avril dans les deux stations supérieures. La neige a reparu à l'Aiguille en octobre, à Dailly et à Savatan en novembre et en décembre seulement à Lavey.

Tels sont les quelques résultats que l'on peut déduire de la comparaison des quatre stations des fortifications de St-Maurice. Il sera intéressant de voir ce qu'il en adviendra pendant les années subséquentes.

LES
VARIATIONS DE LONGUEUR DES GLACIERS
DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET BORÉALES

PAR

Charles RABOT

(Suite[1].)

JOTUNHEIM OU JOTUNFJELDENE.

A l'est du Lysterfjord, la digitation la plus orientale du Sognefjord, et du Bæverdal, les plateaux qui constituent le relief entre le Sognefjord et le Nordfjord disparaissent devant une région alpine nettement caractérisée.

Cette zone, désignée par les géographes et par les touristes sous les noms de Jotunheim (Pays des Géants) ou de Jotunfjeldene (Montagnes des Géants), est limitée, au nord, par la vallée de l'Otta, au sud, par les tributaires du Valders supérieur, et, à l'est, par les plateaux du Gudbrandsdal. C'est le relief le plus saillant de toute la Scandinavie. Le point culminant, le Galdhöpigg, se dresse à 2560 m., et, séparé de lui par une étroite vallée, le Glittertind s'élève à 2554 m., au milieu de pics de 1800 à 2000 m. Le Jotunheim forme, non pas une crête conti-

[1] Voir *Archives*, t. VII, avril 1899, p. 359; juin, p. 557; t. VIII, juillet, p. 62; août, p. 156; septembre, p. 271; octobre, p. 321; novembre, p. 453; décembre, p. 566; t. IX, février 1900, p. 162; mars, p. 269.

nue, mais neuf massifs complètement isolés. Dans cette région, les glaciers occupent approximativement une superficie de 200 kilomètres carrés, et, affectent, les uns le facies norvégien-alpin (composite), les autres l'aspect alpin. M. Öyen, qui a fait une étude consciencieuse de ces massifs[1], divise les formations glaciaires appartenant à cette dernière catégorie en trois classes : 1° glaciers de vallée (*Thalgletscher* de Richter) ; 2° glaciers de *botn* (*Kahrengletscher* de Richter) ; 3° glaciers suspendus. Très judicieusement ce naturaliste reconnaît que cette classification est loin d'être parfaite. Les glaciers de vallée et de *botn* du Jotunheim présentent, en effet, des différences assez notables avec ceux de même ordre dans les Alpes. Les premiers ne sont pas, comme ceux de la Suisse, formés par la confluence de plusieurs courants et remplissent plutôt de longs ravins que de véritables vallées ; les plus étendus peuvent être comparés aux petits glaciers de vallées des Alpes Orientales, et, au point de vue morphologique, plusieurs peuvent être assimilés aux *Hochjochgletscher* de nos régions[2]. D'autre part, les glaciers de *botn* sont plus larges et moins escarpées que les *Kahrengletscher*.

Sur les variations de longueur des glaciers du Jotunheim les renseignements sont très peu nombreux.

Le mémoire de M. P.-A. Öyen, *Isbræstudier i Jotunheimen,* renferme de très intéressantes indications sur le régime des courants d'une partie de ce massif au siècle passé. Quoiqu'elles eussent pu être résumées très brièvement, j'ai cru devoir les reproduire *in extenso* pour chaque

[1] P.-A. Öyen. *Isbræstudier i Jotunheimen,* in *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne.* Kristiania, XXXIV, 1893.

[2] Richter, *Die Gletscher Norwegens,* in *Geographische Zeitschrift* II, 1896, p. 318.

glacier. M. Öyen ayant eu soin d'indiquer la position du front des glaciers, en 1891, par rapport aux anciennes moraines, si ultérieurement des voyageurs viennent à faire des observations semblables, il sera possible à l'aide de ses descriptions de déduire le régime de ces courants, depuis la date de ses observations.

I. Massif du Galdhöpigg (2560 m.)

Ce relief, le plus élevé de la Scandinavie, renferme quatorze glaciers appartenant à différents types de glaciation alpine et en outre plusieurs petites nappes de glace[1]. D'après M. P.-A. Öyen, la surface qu'ils occupent est de 45,1 kilomètres carrés[2]. Le massif ayant une superficie de 212 kilomètres carrés, la glaciation occupe donc un peu moins du quart et un peu plus du cinquième de son étendue totale[3].

1° *Stor Juvbræ*. Glacier de vallée (*Thalgletscher*). Superficie : 3,4 kilomètres carrés. Longueur : 4,6 kilomètres[4].

« A une distance de 100 à 200 m. du glacier, la vallée est barrée par une grosse moraine frontale. En amont

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.* p. 23.

[2] *Ibid.* p. *ibid.*

[3] Le Storgrovbræ et le Styggehöbræ, pour lesquels je n'ai pas trouvé d'observations sur leurs variations de longueur et qui, par suite, ne sont pas mentionnés ci-après, ont respectivement les dimensions suivantes : Superficie : 2,5 et 0,5 kilomètres carrés ; longueur : 1,4 et 1,3 kilomètres. Les nevés et les plaques de glace couvrent une étendue de 4,3 kilomètres carrés dans le massif du Galdhöppig.

[4] Tous les renseignements statistiques sur la superficie et la longueur des glaciers du massif du Galdhöpigg sont empruntés au travail de M. P.-A. Öyen.

de cette formation apparaissent quatre lignes de dépôts morainiques, et en aval trois autres. Ces différents échelons sont très indistincts et on ne peut dire s'ils marquent des étapes dans le recul de la glaciation. Entre la grosse moraine et le glacier, la végétation fait pour ainsi dire complètement défaut, tandis que les dépôts plus anciens, situés en aval de ce monticule, sont couverts de la végétation habituelle à cette altitude [1]. » 1891, P.-A. Öyen.

La grosse moraine marque donc le terme d'une crue qui s'est produite à une époque peu éloignée.

2° *Vetle-Juvbræ* (Glacier de *botn*). Superficie : 1,2 kilomètre carré.

En 1864, le glacier entourait le Juvvand [2]. D'après la feuille Galdhöpigg, de la carte au 100000e, levée en 1871 (pour cette partie), à cette date, il touchait à peine ce lac, si même il le touchait. En 1891, le mouvement de recul s'était accentué.

« D'après la guide Knut Vole, le Vetle-Juvbræ s'est retiré dans ces dernières années, et, le Juvvand (lac dans lequel il se termine) s'est agrandi, rapporte M. P.-A. Öyen, à la date de 1891.

3° *Styggebræ* (Glacier de vallée). Superficie : 6,6 kilomètres carrés; longueur 4,8 kilomètres.

En 1871, son extrémité inférieure, au point de sortie du torrent, était situé à l'altitude de 4559 pieds norvégiens [3].

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.* p. 15.

[2] A. Blytt, *En bestigning af Galdhöpiggen i 1864*, in *Den Norske Turistförenings Aarbog for 1873*. Kristiania, p. 44.

[3] Voir *Kart over Galdhöppigen* et J.-N. Hertzberg, *Kartet over Galdhöpiggen*. in *Der Norske Turistförenings Aarbog fon 1873*.

En 1891, à une distance de 100 à 200 m. du glacier, grosse moraine frontale en arc de cercle. Aucune autre moraine entre ce monticule et le glacier[1]. P.-A. Öyen.

4° *Sveljenaasbræ*. Glacier de *botn*. Superficie : 2,5 kilomètres carrés; longueur : 4,5 kilomètres.

« En 1891, sur sa rive nord, se trouvait une grande moraine latérale; sur sa rive sud le glacier était séparé par un large espace, d'une formation du même genre, peut-être une moraine superficielle abandonnée sur place à la suite de la fusion de la glace[2]. » P.-A. Öyen.

« En 1895, le Sveljenaasbræ était précédé de remparts épais de moraines frontales et visiblement affaissé[3]. ».

5° *Tveraabræ* (Glacier de vallée).

Longueur : 5,3 kilomètres; superficie : 8,4 kilomètres carrés.

La carte du massif du Galdhöppig jointe à l'ouvrage de Forbes[4] (*Map of the glaciers of the Ymesfjeld*) qui, d'après M. Öyen, aurait été établie d'après des cartes norvégiennes datant de 1849 et 1851, représente le Tveraabrae[5] et le Sveljenaasbræ[6] unis à leur extrémité inférieure.

En 1871, cette situation n'avait pas changé et le front commun des deux glaciers se trouvait à l'altitude de 4546 pieds norvégiens[7].

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p. 17.
[2] *Ibid.* p. 18.
[3] Richter, *Loc. cit.*, p. 110.
[4] *Norway and its glaciers.*
[5] Désigné sur la carte de Forbes sous le nom de Styggebræ.
[6] Le Svelnaasbræ de Forbes.
[7] Voir *Kart over Galdhöpiggen.* in *Loc. cit.*

En 1891, lors de la visite de M. P.-A. Öyen, ces glaciers étaient retirés dans leurs vallées respectives, après avoir abandonné une grande moraine qui se trouvait alors à quelques centaines de mètres de leur front[1].

Donc, de 1849-1851 à 1871-1874, état stationnaire, puis, de 1871-1874 à 1891, retrait de quelques centaines de mètres.

6° *Bukkeholsbræ* (Glacier de vallée). Superficie : 2,9 kilomètres carrés ; longueur : 3,8 kilomètres.

« A environ 200 mètres en aval du glacier, les grandes moraines latérales s'incurvent pour constituer une moraine frontale en arc de cercle très saillant. Ce dernier monticule sépare très nettement la zone couverte de la végétation habituelle dans cette région et celle qui est près que stérile[2]. »

1891. P.-A. Öyen.

7° *Tverbottenbræ* (Glacier de *botn* présentant dans certaines parties le faciès d'un glacier suspendu).

Superficie : 1,8 kilomètre carré ; longueur 1,5 kil.

En 1891, il débouchait dans une mare dans laquelle il *vêlait* et formait au-dessus de cette nappe un mur de glace escarpé. A cette date, il avait une étendue beaucoup moindre que celle que lui donne la feuille Galdhöpigg (1871-1874)[3]. Donc, de 1871-1874 à 1891, recul.

8° *Illaabræ septentrional* (glacier de vallée).

Superficie : 4,8 kilomètres carrés ; longueur : 4,6 kil.

« Les dépôts morainiques s'étendent sur une largeur de 100 à 200 mètres en aval du glacier, sans former une véritable moraine. Ils sont presque complètement

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.* p. 19.

[2] *Ibid.* p. 19.

[3] *Ibid.*, p. 20.

dépouillés de végétation; en dehors de cette zone, au contraire, le sol est couvert de la verdure qui se rencontre habituellement à cette altitude. (1891) P. A. Öyen) ».

9° *Tongbræ*[1] (glacier de *botn* ayant en partie le facies d'un glacier suspendu).

Superficie : 0,9 kilomètre carré ; longueur : 1,7 kil.

« Sur ses deux flancs se trouvent de grands dépôts morainiques qui, à 100 mètres environ de son extrémité inférieure, se réunissent pour former une moraine frontale dont l'axe est légèrement saillant »[2]. (1891.)

10° *Rondbræ*[3] (glacier de *botn*).

Superficie : 0,9 kilomètre carré longueur 1,9 kil.

« A cent mètres environ du front du glacier se trouve un gros dépôt morainique »[4]. (1891).

11° *Illaabræ méridional* (glacier de vallée).

Superficie : 2 kilomètres carrés ; longueur 2,7 kil.

« Une grosse moraine frontale se trouve à 100 à 200 m. du glacier ; elle marque la limite entre une végétation assez pauvre et une plus développée. Entre le glacier et cette moraine apparaissent plusieurs dépôts morainiques très irréguliers[5]. (1891).

12° *Heimre Illaabræ*[6] (Glacier de vallée) ayant le caractère d'un glacier suspendu dans sa partie inférieure.

Superficie : 2,6 kilomètres carrés ; longueur : 3,8 kil.

[1] Glacier sur lequel la feuille Galdhöpigg porte la légende Bukkehö.

[2] P.-A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 21.

[3] Indiqué sur la feuille Galdhöpigg avec la légende Veltskarstind.

[4] P. A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 21.

[5] *Ibid.* p. *ibid.*

[6] Store Grovbræ de la feuille Galdhöppigg de la carte au 100000e

« Une moraine frontale en arc de cercle, située à 2 ou 300 mètres de son extrémité inférieure sépare la montagne couverte de végétation d'une zone qui s'étend jusqu'au glacier et où la flore est très pauvre [1] ». (1891).

II. Massif des Memurutinder.

« Ce massif renferme plusieurs glaciers alimentés par un névé commun, et, à côté d'eux, des courants ayant le type alpin nettement caractérisé [2]. » La glaciation affecte donc le faciès alpin-norvégien dans ce relief.

1° *Veobræ.* Glacier de vallée.

« A une distance de 100 à 200 mètres de l'extrémité inférieure du glacier, une moraine frontale barre la vallée dans toute la largeur. En amont de ce monticule, se trouvent de nombreux dépôts de gravier morainiques distribués très irrégulièrement [3] ». 1891, P. A. Öyen.

2° *Hejlstugubræ.* Glacier de vallée.

« Sur ses deux flancs, on rencontre des moraines latérales, qui, à une distance de 1 à 200 mètres de son extrémité inférieure, s'écartent en arc de cercle pour former une grosse moraine frontale. Ce monticule sépare une zone pauvre en végétation qui s'étend vers l'amont des pâturages situés en aval. Entre cette moraine et le front du glacier, on peut distinguer trois stades dans le dépôt des graviers ; mais leur disposition irrégulière empêche de les rapporter avec certitude à trois étapes différentes dans le recul du glacier [4] ».

3° *Vestre Memurubræ (Memurubræ occidental).*

En 1895, ce glacier présentait toutes les apparences

[1] P. A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 22.
[2] *Ibid.*, p. 24.
[3] *Ibid.* p. *ibid.*
[4] *Ibid*, p. 25.

d'un glacier en décroissance. Son extrémité inférieure était affaissée et précédée, à une distance de 500 mètres, d'une moraine. D'après le dire d'un guide, devant un gros bloc reconnaissable de très loin, il aurait reculé de dix à quinze mètres, de 1894 à 1895 [1].

III. Relief a l'ouest du Leirdal (versant ouest).

1° *Högskrinbræ* (glacier de *botn*).

A 100 ou 200 m. du front de 1891, moraine frontale séparant une zone stérile voisine du glacier des pâturages [2].

2° *Hurebræ*. Glacier de *botn*.

« En 1891, à 200 mètres environ du front, grande moraine frontale séparant l'espace caillouteux et nu, voisin de la glace, de la zone occupée par la végétation [3] ».

3° *Vetlebræ*. Glacier de *botn*.

« En 1891, jusqu'à une distance de 100 à 200 m. du front du glacier, le sol était couvert d'une nappe morainique [4] ».

4° *Storbræ*. Glacier de *botn*.

« En 1891, à environ 300 mètres en aval du glacier, se trouvait une grande moraine le long de laquelle coulait la Leira... A une distance de 100 à 200 mètres du Storbræ on en rencontrait une seconde, à peu près parallèle à la première... A l'intérieur de la seconde moraine, la végétation était très rare, et même faisait complètement défaut; l'espace, compris entre les deux moraines, porte une végétation relativement abondante.

[1] Richter. *Beobachtungen über Gletscherschwankungen in Norwegen 1895*. in Petermanns Mitt. V. 1896, p. 110.

[2] P. A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 25.

[3] *Ibid.*, p. 26

[4] *Ibid.*, *p. ibid.*

beaucoup moins développée cependant que celle qui couvre le terrain en dehors de la moraine la plus éloignée[1] ».

Une tradition rapporte qu'il y a cent trente ans le Storbræ barrait le torrent du Leirdal[2]. D'après M. P. A. Öyen, elle se refèrait simplement à l'extension du glacier marquée par le dépôt de la moraine située au bout du torrent[3] ».

Leirungsbræ (glacier de *botn*).

A environ 100 m. de l'extrémité inférieure du glacier se rencontre une moraine.

IV. Smörstabbræ.

Glacier alpin-norvégien donnant naissance à différents émissaires s'écoulant vers l'ouest, l'est et le sud.

1° *Tverbytbræ* (Glacier suspendu).

« En 1891, son extrémité inférieure n'était séparée du Tverbyttjern[4] que par une étroite bande de terrain sablonneux et bourbeux[5] ».

2° *Sandelvbræ* (glacier suspendu).

« A une distance de 100 à 200 m. du front du glacier se rencontre une grande moraine frontale. La bande de terrain complètement nue qui se trouve derrière cette formation, se distingue nettement de la zone couverte de végétation située en avant[6] ». (1891).

[1] P. A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 27.

[2] *Ibid.* p. *ibid.*

[3] P. A. Öyen, *Isbræer i Jotunheimen.* in *Den Norske Turistförenings Aarbog for 1893*, p. 67.

[4] *Tjern:* flaque d'eau.

[5] P.-A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 28.

[6] *Ibid.* p. *ibid.*

V. URANAASBRÆ.

Glacier alpin-norvégien. Longueur du nord au sud : 5,5 kil. Largeur est-ouest : 3 kil. environ.

Il donne naissance à quatre émissaires : 1° l'Uranaasbræ vers l'Uradalsmul, au sud ; 2° le Skogadalsbræ et une autre branche vers le nord ; 3° le Melkedalsbræ vers l'est.

Les deux courants du versant nord sont précédés, à une distance de 100 ou 200 m., d'une moraine frontale en arc de cercle derrière laquelle la végétation est très rare, tandis qu'en avant elle présente le développement habituel dans cette altitude [1].

Melkedalsbræ.

Ce glacier barre le Melkedalsvand supérieur (Ovre Melkedalsvand).

En 1869, le courant atteignait le lac [2] ; en 1878, la digue cristalline qui ferme cette nappe au sud-est avait une épaisseur de plusieurs centaines de pieds [3] ; en 1891, le barrage subsistait toujours.

Le Melkedalsvand supérieur, comme tous les lacs formés dans ces conditions, donne naissance de temps à autres à des inondations calamiteuses produites par la rupture de sa digue. En 1853 ou 1854, en 1878 et en 1894, on a enregistré des catastrophes de ce genre dont l'origine doit être attribuée, suivant toute vraisemblance, à un recul du glacier.

[1] P.-A. Öyen. *Ibid*, p. 28.

[2] E. Sars. *Tre billeder fra Jotunfjeldene*, in *Den norke turistförenings Aarbog for 1869*, p. 90.

[3] *Naturen*, 1878, p. 86.

Le régime du Melkedalsbræ peut donc être probablement ainsi défini ; de 1869 à 1891, état stationnaire interrompu en 1879 par une légère décroissance, et, en 1894, recul.

VI. Massif entre les lacs Bygdin et Gjende

1° *Sletmarkbræ.* Glacier de *botn.*

A 100 ou 200 m. du front du glacier se trouve une grande moraine frontale (1891).

2° *Langedalsbræ* (glacier de vallée).

A environ cinquante mètres du front du glacier, moraine composée de graviers, de pierres de toutes dimensions et de blocs énormes atteignant un diamètre de plusieurs mètres. En aval, le sol est revêtu de la végétation habituelle à cette altitude.

En 1891, ce glacier était en progrès, d'après M. P.-A. Öyen [1].

VII. Massif a l'ouest du Svartdal.

1° *Glacier le plus septentrional* (glacier de *botn*).

Derrière la moraine frontale se rencontre un petit lac, le Svartdalstjern, d'où sort le Svartdöla, qui peut servir de repère pour mesurer les variations de longueur.

En 1871, le glacier atteignait ce lac [2]; deux ans plus tard, il s'en était déjà éloigné et derrière cette nappe une nouvelle moraine était en voie de formation [3]. En 1891,

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p. 68.

[2] E. Mohn. *Fra Jotunhejmen.* in *Den Norske Turistförenings Aarbog for 1872*, p. 32.

[3] E. Mohn. *Paa tinderne og botnerne.* in *Den Norske Turistförenings Aarbog for 1878*, p. 59.

le front était toujours éloigné du lac et distant de cent mètres de la moraine frontale du barrage [1].

Donc, de 1871 à 1873, recul, de 1873 à 1891, état presque stationnaire.

VIII. Massif des Uladalstinder.

Visbræ (glacier de *botn*).

A 200 m. environ de son extrémité inférieure apparaît une moraine frontale derrière laquelle on distingue un second dépôt morainique [2] (1891).

IX. Massif des Högvagelbræ.

1° *Nedre Högvagelbræ* [3] (glacier de vallée).

La feuille Galdhöpigg de la carte au 100,000e, dressée en 1871-1874, représente ce glacier comme s'arrêtant à 50 m. environ de la rive ouest de l'Högvageltjern inférieur.

En 1891, son front était précédé de quatre rangées de dépôts morainiques échelonnés sur une distance de 100 à 200 m.

« Entre le premier dépôt tout récent, encore actuellement en formation et la glace, on ne voyait aucune plante ; entre cette formation et la seconde apparaissaient des mousses et quelques rares graminées. Sur l'espace séparant la deuxième moraine de la troisième se rencontraient des mousses, des graminées et quelques saules isolés. La quatrième moraine était constituée par trois

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p. 29.

[2] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p. 30.

[3] Högvagelbræ inférieur (glacier le plus méridional).

dépôts irréguliers sur la rive occidentale de l'Högvageltjern inférieur; entre cette formation et la troisième moraine, le sol était couvert d'un maigre tapis de graminées [1] (1891).

De 1871-1874 à 1891, le recul n'a guère dépassé une centaine de mètres, si même il a atteint une aussi grande amplitude.

2° *Högvagelbræ supérieur* (glacier suspendu).

En suivant la rive est de l'Högvageltjern supérieur, M. P.-A. Öyen crut reconnaître que le glacier qui débouche sur l'autre rive baignait complètement dans le lac [2]. Deux ans plus tard, d'après un renseignement que lui adressa un guide, on pouvait passer entre le mur terminal de glace et le bord de l'eau.

IX. Massif des Horungtinder.

Treize glaciers alpins.

Versant sud.

Midtmaralsbræ.

En 1883, son extrémité inférieure était située à l'altitude de 1213 m. [3]

En 1896, le glacier avait notablement diminué. Le guide Sulheim « qui connaît, mieux que tout autre, la région » était absolument étonné des changements éprouvés par ce courant dans ces dernières années. D'après son témoignage conforme à celui des monta-

[1] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p 31.
[2] P.-A. Öyen. *Loc. cit.*, p. 31.
[3] E. Mohn. *Den Norske Turisförenings Aarbog för 1884.*

gnards, tous les glaciers « avaient constamment et notablement diminué » depuis 1890 [1].

Versant nord.

Skagastolstindsbræ.

« En 1881 ou 1882, le glacier n'atteignait pas le Skagastölstindstjern (mare située devant son extrémité inférieure). En 1889, une petite langue de glace pénétrait danc cette nappe, et, en 1896, le front y plongeait. Depuis probablement en retraite.

(Communication de M. W. Cecil Slingsby.)

Donc, de 1881 à 1896, légère crue, puis décroissance.

Résumé des observations faites sur les glaciers du Jotunheim.

Sur trente-deux observations recueillies sur les glaciers du Jotunheim, vingt-quatre signalent la présence de moraines situés de 50 à 300 m. du front de 1891. Dans vingt localités, la distance séparant la moraine la plus éloignée de l'extrémité inférieure du glacier varie de 100 à 200 m.; dans deux, elle est de 300 m. environ et dans une de 50 mètres.

A quelle époque remonte le dépôt de ces moraines et la crue qui les a produite?

D'après les traditions, cette extension des glaciers serait survenue dans le cours du XVIIIe siècle. Les phénomènes qui se sont produits sur le Jostedalsbræ à cette date rendent cette hypothèse admissible. En tous cas, toutes les moraines, situées à 2 ou 300 m. des fronts

[1] E.-A. Thomle. *Indberetning om inspektions-og undersögelsesreiser sommeren* 1877. in *Den Norske Turistförenings Aarbog for 1898*. Kristiania, p. 146 et 147.

actuels, ne sont pas aussi anciennes, ainsi celle située en aval du Tveraabræ et du Sveljenarabræ est postérieure à 1871, puisqu'à cette date les deux glaciers étaient encore réunis. D'autre part, la végétation qui s'étend entre ces dépôts détritiques et le front actuel n'est pas ancienne.

M. P. A. Öyen a l'obligeance de m'écrire que « depuis le commencement du siècle il s'est produit, une décroissance, (1820 à 1850), puis une augmentation qui a abouti à un état d'équilibre. » Ainsi, entre 1864 et 1871, le Vetle-Juvbræ n'a subi qu'un faible raccourcissement, et, pendant, cette période le Sveljenaasbræ et le Tveraabræ étaient en état de maximum.

Ensuite s'est produit une retraite peu marquée à laquelle a fait suite un léger allongement. M. W. C. Slingsby, qui a parcouru dans tous les sens le Jotunheim place cette crue entre 1880 et 1890, et même l'étend jusqu'en 1895. Pendant cette période, le Skagastolstindsbræ a, en effet, augmenté; en 1891, le Langedalsbræ était en progrès, et, de 1869 à 1891, le Melkedalsbræ est resté à peu près stationnaire. Depuis, un nouveau recul s'est produit.

Ces différentes oscillations ont abouti finalement à une diminution des glaciers, mais en général peu importante. De 1878 à 1891, le glacier le plus septentrional du Svartdal (p. 360) a reculé peut être de cinquante mètres, et, de 1869 à 1891, le Melkedalsbræ s'est à peine déplacé, semble-t-il. En moyenne, la perte a été de 100 à 200 mètres pour des glaciers atteignant une longueur de 3,4 klm. (Stor Juvbræ) 3,8 klm. (Bukkeholsbræ) 4,6 klm. (Illaabræ septentrional).

(A suivre.)

ÉTUDES SUR LES FERMENTS

PAR

R. CHODAT

Dans les études sur la bière, Pasteur, avait montré l'importance de la culture des levures à l'état de pureté pour l'obtention d'une bière normale et le danger que font courir à la fermentation, les organismes étrangers tels que les bactéries. On sait que les méthodes employées par Pasteur pour isoler les bactéries étaient encore imparfaites et que ce n'est que par l'emploi des triages sur plaque de gélatine selon la méthode inventée par Koch qu'on est arrivé par une sélection répétée, à obtenir des colonies formées d'une seule espèce. Pasteur n'avait pas encore la notion actuelle de l'espèce. En effet, il pensait que la levure de bière qu'il croyait pure ne comprenait qu'une espèce.

On doit aux patientes recherches de Hansen, d'avoir montré que non seulement la levure de bière n'est pas formée par une seule espèce morphologique, mais qu'il existe un grand nombre de races constantes, tant au point de vue de l'apparence et de la forme de leurs colonies qu'à celui de leur action physiologique.

Cette constatation de Hansen l'avait amené à imagi-

ner une nouvelle méthode de fermentation dans la brasserie. Cet auteur prétendait que la cause des principales altérations de la bière et de ses maladies n'était pas principalement, comme le pensait Pasteur, les bactéries qui pouvaient arriver du dehors, mais les levures de races mauvaises, de propriétés physiologiques défavorables.

C'est en 1883 qu'il introduisit dans la fameuse brasserie de Jacobsen à Copenhague, l'utilisation des levures pures et sélectionnées. Il sépara de la levure jusqu'alors en usage, quatre races de Saccharomyces sur lesquelles il expérimenta. On aurait pu croire que les propriétés si complexes d'une bière et qui dépendent en partie de la fermentation, seraient dues à l'action combinée de plusieurs espèces. Il n'obtint, en utilisant isolément, ou en mélange, les quatre espèces signalées, une bière de qualité normale, d'un goût et d'un bouquet agréables, que lorsqu'il ne faisait agir que l'une de ces espèces à l'exclusion des trois autres, qui s'étaient montrées inférieures.

Cette méthode fit rapidement son chemin. Du Danemark, elle passa en Allemagne où les grandes brasseries ne travaillent plus actuellement qu'avec des levures pures, selectionnées en vue d'une certaine qualité, d'un goût estimé du public et qui peut varier de brasserie à brasserie et de pays à pays.

Lors de la réunion des naturalistes allemands à Munich, cette ville offrit aux participants à ce Congrès un magnifique ouvrage résumant les principaux progrès effectués dans cette ville à l'instigation des hommes de science. Ainsi, l'amélioration de la qualité de la bière, la disparition des maladies, qui précédemment en altéraient souvent la composition, ont été telles, que les brasseries ont installé des appareils couteux, et établi un service micro-

biologique important, pour tirer tout le parti qu'on était en droit d'attendre des nouvelles méthodes.

On connaît maintenant plusieurs écoles en Allemagne, où ces méthodes sont démontrées, étudiées, et desquelles, chaque année, sortent des travaux si nombreux, qu'on a été forcé de créer un organe central pour ce genre de recherches. L'importance des levures sélectionnées dans la brasserie ne pouvait manquer d'attirer l'attention des viticulteurs.

C'est en 1887, que Duclaux étudiant les levures du vin de Champagne reconnut qu'il existait une espèce au moins, capable de donner un produit défini. En 1888, Jacquemin et Marx ont montré qu'il existe un certain nombre de levures spéciales à chaque cépage ou chaque moût et qui, sélectionnées, donnent un meilleur produit. M. Jacquemin, en particulier, n'a cessé dès lors de préconiser énergiquement l'emploi des levures pures dans la fermentation vineuse.

Ce n'est qu'en 1893 que Wortmann, directeur de l'école d'agriculture à Geisenheim, continuant d'anciennes recherches de Müller-Thurgau, insista d'une façon plus spéciale sur la valeur du procédé. Depuis lors, il n'a cessé de publier des travaux sur ce sujet et en particulier en 1895 il a résumé sa manière de voir dans un travail intitulé : *Anwendung und Wirkung reiner Hefen in der Weinbereitung.*

Déjà en 1892, M. le professeur Chuard de Lausanne avait fait des expériences de vinification avec des levures sélectionnées *étrangères*. Cet auteur cite cependant une levure nommée Désaley sur laquelle il ne donne pas de détails.

Les auteurs français, en particulier, Jacquemin, Ro-

mier et d'autres, croyaient qu'il était possible d'obtenir au moyen des levures sélectionnées, non seulement une meilleure fermentation, mais aussi, aux dépens d'un moût quelconque, bien conditionné, le bouquet caractéristique d'un cépage étranger.

Très anciennement déjà, Müller-Thurgau avait insisté sur ce fait, qu'une partie du bouquet et non la moindre dépend de la nature du cépage. Toutes les recherches modernes, semblent confirmer cette manière de voir. Néanmoins une partie du bouquet est réellement le produit de la fermentation par des levures déterminées. C'est ainsi qu'on a pu utiliser les levures Sauterne, Johannisberg, Rüdesheim, Steinberg, etc., qui en effet communiquent au vin inoculé un bouquet particulier. Il s'est trouvé cependant que par cette addition de levures étrangères, les vins d'un pays ont été modifiés d'une telle manière, qu'ils ont, pour les connaisseurs, un goût étrange, auquel le consommateur a quelque peine à s'habituer.

Actuellement la tendance générale est d'utiliser des levures indigènes, parmi lesquelles on choisit celles qui donnent à la fois une teneur en alcool suffisante, une clarification rapide et le bouquet le plus agréable.

L'emploi des levures dans la vinification a été critiqué pour les raisons suivantes : le moût qui sort du pressoir est loin d'être stérile, il contient un nombre assez considérable d'espèces de levures, de bactéries et de champignons. D'après ces contradicteurs on n'aurait, en additionnant le moût d'une certaine quantité de levures pures, aucune garantie, de voir la fermentation se passer, comme si ces dernières étaient seules, et l'on serait tout autant que par le passé dépendant du hasard de la fer-

mentation. Cette opinion est erronée. Avant de devenir actives, les levures ont besoin de passer par un état bourgeonnant; celles que nous trouvons dans le moût frais sont, en majeure partie, encore à l'état de repos et leur activité est d'autant plus ralentie, que la saison, à laquelle, chez nous, se fait la vendange, est plus froide.

En ajoutant donc, au moût qui sort du pressoir une grande quantité de levures sélectionnées en pleine activité, on avance ainsi la fermentation de plusieurs jours, avant que les organismes étrangers aient eu le temps de prendre un grand développement. En outre, cette fermentation tumultueuse dès le début, sature le moût d'anhydride carbonique. Les organismes avides d'oxygène, les aérobies, se trouvent donc de bonne heure entravés dans leur végétation. Les champignons divers, qui sont la cause de plusieurs maladies des vins, les oxydases elles-mêmes qui produisent « la casse », ne trouvant plus d'oxygène restent à l'état latent.

En outre, comme on a choisi pour l'inoculation, une levure à fermentation rapide et vigoureuse, elle l'emporte naturellement dans le combat pour l'existence sur ses congénères moins nombreuses et souvent moins actives.

C'est en particulier le *Saccharomyces apiculatus* qui dans certaines fermentations spontanées, *retarde la fermentation*. Plus tard, cette mauvaise levure est dépassée par les *Saccharomyces* non apiculés qui produisent, comme il ressort des analyses qui suivront, une plus grande quantité d'alcool. Néanmoins, le *S. apiculatus* peut être très abondant au début et donner un goût assez étrange au vin. Nous l'avons trouvé, par exemple, très abondant dans un vin rouge du Crest, où certainement il altère la bonne marche de la fermentation. Il sera facile en con-

sultant les tables établies par M. Lendner, de voir combien différentes sont les races au point de vue de la rapidité avec laquelle elles attaquent un liquide sucré.

Toutes les expériences faites chez nous, déjà anciennement sur l'instigation de M. Chuard, ont montré que la fermentation est ordinairement rapide. Le vin traité semble plus solide; mais il est à remarquer que dans ces expériences il n'est pas certain qu'on ait utilisé les levures pendant leur période de plus grande activité.

Il est en effet de toute nécessité, de n'employer que des levures fraîches, rajeunies et qui n'aient pas plus de 15 jours, car, avec l'âge, leur activité ralentit et elles ne sont plus capables de l'emporter dans la lutte pour l'existence, sur les levures déjà présentes dans le moût.

C'est sans doute, cette erreur d'expérimentation qui explique quelques résultats négatifs obtenus par nos viticulteurs locaux. Les instituts qui se proposeront de fournir au viticulteur, pendant la vendange, les levures pures, devront s'organiser pour pouvoir fournir, à jour donné, une provision suffisante de levures en pleine activité et non pas à l'état de repos, comme plusieurs le font encore aujourd'hui.

Il est évident que de bons crûs, soigneusement traités ne pourront être sérieusement modifiés par l'emploi des levures pures, mais même à ces vins on pourra donner une fermentation plus rapide, plus régulière, et une stabilité plus grande.

Il m'a paru intéressant de chercher dans nos crûs de la Suisse romande, quelles étaient les races qui présenteraient des avantages au point de vue de la vinification : en d'autres termes, établir autant que cela se pourrait la flore mycélienne de nos raisins et rendre ainsi quelques services à la viticulture.

Le problème ne consiste pas à transformer les vins suisses en grands vins de France, mais bien plutôt à rendre le viticulteur indépendant du hasard, à lui fournir le moyen de diriger à son gré la fermentation, d'empêcher les organismes étrangers, champignons ou bactéries, de se développer. Au point de vue strictement botanique, il y a une question de biologie intéressante à poursuivre : différencier les espèces morphologiques en races physiologiques plus ou moins constantes, étudier leurs produits de sécrétion et pénétrer ainsi d'une manière plus précise dans la question si captivante de la variation.

Le travail exécuté par M. le Dr Lendner, sur les levures genevoises est la première contribution à ce genre de recherches. Nous espérons continuer dans cette même direction en étendant nos investigations à d'autres régions du vignoble romand.

SUR QUELQUES LEVURES
DU VIGNOBLE GENEVOIS[1]

PAR

A. LENDNER, Dr ès-sciences

Premier assistant au laboratoire de botanique de l'Université de Genève.

TECHNIQUE

Milieux de culture :

Pour toutes ces recherches, nous avons employé comme milieux liquides, du moût naturel pasteurisé. Quant aux milieux solides, ils sont constitués par un moût stérilisé, auquel nous avons ajouté 10 °/₀ de gélatine. Nous avons eu soin auparavant de neutraliser en grande partie le liquide employé afin d'éviter la liquéfaction de la gélatine, après une suite de stérilisations.

Pour avoir un milieu qui eût approximativement la même proportion d'acides, nous avons neutralisé exactement la moitié du liquide et nous y avons ajouté une égale quantité de moût naturel.

La gélatine est préférable à la gélose; le point de fusion du milieu à la gélatine étant bien inférieur à celui préparé avec la gélose.

Pour les triages des colonies, nous employions à la

[1] Travaux du laboratoire de botanique dirigé par M. le Prof. Chodat.

place des boîtes de Petri, des vases d'Erlenmeyer, d'une contenance de 100 cm^3. Ils présentent moins de chances d'infection.

Nous opérons les dilutions dans le milieu gélatinisé encore liquide. Après avoir réparti les levures aussi bien que possible, nous refroidissons rapidement la culture sous un courant d'eau, tout en faisant tourner le vase, de façon à étaler régulièrement la gélatine sur les parois : la couche gélatineuse ainsi obtenue est mince et répartie sur une surface assez considérable, ce qui facilite les triages. La même opération ne pourrait être faite avec un milieu gélosé, vu le manque d'adhérence de cette masse contre les parois du récipient.

Sur le milieu gélatinisé, les espèces isolées présentent des aspects qui, dans quelques cas, peuvent déjà servir à leur différentiation : mais il ne faudrait pas y attacher trop d'importance, car souvent deux colonies, présentant, à ce qu'il semble, les mêmes aspects de culture, diffèrent entièrement tant au point de vue de la forme des cellules qu'à celui de leurs actions physiologiques.

Les espèces une fois isolées ont été maintenues en milieux gélatinisés et de là ensemencées sur les moûts liquides et stérilisés.

Le moût est analysé avant les expériences, au double point de vue du sucre et de l'acidité.

Nous utilisions toujours deux flacons de contenance de 200 cm^3 pour une même expérience.

Après fermentation, nous avons dosé dans le vin obtenu, l'alcool, l'acidité et le glucose restant : les trois facteurs principaux dans le procès de la fermentation. Sur la totalité des 200 cm^3 de vin, 100 cm^3 étaient prélevés pour le dosage de l'alcool par la méthode de distil-

lation, et le reste servait à la détermination du sucre (calculé en glucose) et de l'acidité (déterminée en acide tartrique) par les méthodes volumétriques.

La sélection des levures a été effectuée pour deux vins; l'un, rouge et l'autre blanc. Le vin blanc provenait d'un vignoble du Carre, le rouge de Jussy, du vignoble du Crest, propriété de M. Marc Micheli, que nous remercions ici pour son obligeance.

I. Vin rouge de Jussy (Château du Crest)

Descriptions des levures mises en expériences.[1]

Levure N° I (*Sacch. cerevisiæ*).

Cellules rondes, isolées ou à bourgeons se disloquant facilement sous le couvre-objet, renfermant une gouttelette d'huile, de 3-5 μ de diamètre, plus rarement allongées elliptiques (8 μ).

Forment sur gélatine des croûtes blanchâtres mammelonnées, pulvérulentes dans les cultures jeunes, au contraire humides et caséeuses dans les cultures plus âgées.

Sur moût elles forment voile et donnent une fermentation assez tumultueuse (alcool 5,78 °/₀ vol.) et dégagent une odeur éthérée désagréable.

Levure N° II (*Sacch. cerevisia*).

Cellules souvent isolées ovales, contenant des gouttelettes d'huile, 4-6 μ de long sur 3 μ de large. Forment sur gélatine des croûtes blanches, pulvérulentes crevas-

[1] Les descriptions se rapportent toujours à des cultures en stries, sur milieux gélatinisés, formés de moût additionné de 10 °/o de gélatine.

sées dans les cultures jeunes, caséeuses humides dans les âgées.

Sur moût elles forment un voile, dans lequel les cellules présentent des filaments plus allongés de 15-30 μ de longueur. La fermentation est assez tumultueuse (8,18 % d'alcool) et la culture dégage une odeur éthérée.

Levure N° III (*Sacch. Pasteurianus*).

Cellules rondes de 4 μ à 6 μ de diam., accompagnées de cellules plus allongées (8 μ de long) contenant des gouttelettes d'huile. Sur gélatine elles forment des colonies blanches caséeuses un peu brillantes, devenant humides dans les cultures plus âgées.

Dans le moût elles forment voile; les cellules sont fortement allongées. La fermentation est faible, pas tumultueuse (5,39 °/₀ d'alcool) et dégage une odeur d'éther amylique (acétate d'amyle). Le vin est d'un goût désagréable, aromatique.

Levure N° IV (*Sacch. ellipsoideus*).

Cellules grosses ovales brillantes à contenu réfringent, à protoplasma grossièrement granuleux ou fortement vacuolisé. Longueur 10-12 μ, plus rarement 16 μ sur 6 μ de largeur. Sur gélatine les colonies forment une masse blanche humide, brillante et lisse, jaune caséeuse humide dans les cultures âgées.

Dans le moût la fermentation est très active, tumultueuse (12,05 °/₀ vol. d'alcool); les levures s'amassent au fond du liquide qui devient parfaitement clair. Le vin est peu aromatique et d'un goût agréable, bouquet faible.

Levure N° V *(Sacch. apiculatus)*.

Cellules allongées. pointues aux extrémités (4-6 μ de longueur sur 2-3 μ de largeur). Sur gélatine elles forment une couche humide, grisâtre brillante, à développement lent. Dans le moût, fermentation faible (1,34 °/₀ en vol. d'alcool) sans voile. Vin plat, n'ayant pas de parfum, goût désagréable.

Levure N° VI.

Cellules ovales, petites accompagnées de filaments longs et minces de 15 à 30 μ de long sur 1 à 2 μ de large. Sur gélatine elles forment une plage grise brillante unie, restant toujours mince, dégageant une odeur faiblement vineuse. Sur moût la levure forme voile, donne une fermentation faible (5,78 °/₀ d'alcool) et une odeur de vin. Le goût n'est pas désagréable, sans arôme et doux.

Ces six espèces de levures, mises en expérience, ont produit des vins qui analysés ont donné les résultats suivants :

Dosage de l'alcool (moyenne de 2 analyses).

	°/₀ en Pds	°/₀ en vol.
Levure N° I. Après 10 jours de culture	2,28 °/₀	2,86 °/₀
Après fermentation terminée . . .	4,62 °/₀	5,78 °/₀
Levure N. II. Après 10 jours	2,83 °/₀	3,55 °/₀
Après fermentation	6,57 °/₀	8,18 °/₀
Levure N° III après fermentation . .	4,38 °/₀	5,39 °/₀
Levure N° IV	9,71	12,05
Levure N° V. (*apiculatus*) après 15 jours	1,06 °/₀	1,34
Après plus d'un mois de culture . .	1,06 °/₀	1,34
Levure N° VI. Dans une des expériences	4,—	5,—
Dans la seconde expérience . . .	4,62	5,78

Dosage du glucose. (Moyenne de 3 analyses).

Culture	°/₀ de Glucose avant la fermentation	°/₀ de Glucose après la fermentation	Différence (Glucose absorbé)	Quantité en °/₀ de la totalité de Glucose employé
N° I	19,35	7,18	12,17	63,1 °/₀
N° II	19,35	2,24	17,11	88,4 °/₀
N° III	19,35	12,28	7,07	36,6
N° IV 1)	19,35	1,8	17,55	90,7 °/₀
2)		0,7	18,55	95,8 °/₀
N° V	19,35	16,44	2,91	15,0
N° VI 1)	19,35	16,6	2,75	14,2 °/₀
2)	19,95	16,3	3,05	15,7 °/₀

La levure N° IV a donc employé la plus grande quantité de sucre (presque la totalité) et a fourni le vin le plus riche en alcool 12,05 °/₀ en volume.

Détermination de l'acidité (en acide tartrique).

Moyennes de 3 analyses.

Cultures	Avant fermentation	Après fermentation	Différence
N° I	0,75 °/₀	0,833 °/₀	augmentation
N° II	0,75 °/₀	0,66 °/₀	diminution
N° III	0,75 °/₀	1,04 °/₀	forte augmentat.
N° IV	1) 0,75 °/₀	1,07 °/₀	» »
	2) 0,75 °/₀	1,18 °/₀	» »
N° V	0,75 °/₀	0,495	diminution
N° VI	0,75 °/₀	0,819	augmentation

En comparant ces derniers chiffres avec ceux des deux tableaux précédents, on constate que l'augmentation ou la diminution de l'acidité marche assez irrégulièrement.

On peut pourtant se rendre compte que pour une bonne levure, comme par exemple le N° IV, qui fournit le plus d'alcool et décompose la presque totalité du sucre, l'acidité a le plus fortement augmenté.

Le contraire a eu lieu pour le N° V ou *Saccharomyces apiculatus*.

Cependant pour la culture N° II qui a fourni jusqu'à 8,18 °/₀ vol. d'alcool, l'acidité a pourtant diminué.

II. Vin blanc du Carre

Descriptions des levures mises en expérience.

Levure N° 1 *(Sacch. ellipsoïdeus)*.

Cellules ovales, isolées ou bourgeonnantes, à contenu granuleux, un peu vacuolisé, 8-10 μ de long sur 6 μ de large. Il n'est pas rare de rencontrer des cellules mesurant jusqu'à 12 μ de longueur.

Sur gélatine elles forment des colonies irrégulières jaunes dans la partie centrale, blanches crevassées, sèches et pulvérulentes aux bords. Même aspect dans les cultures agées (3 mois) et non pas jaunes caséeuses comme dans la plupart des levures suivantes.

Dans le moût elles ne forment pas de voile, la fermentation est tumultueuse, l'odeur faible de pommes rainettes. Le vin obtenu est riche en alcool (9,45 °/₀ en vol.) faiblement aromatique, amer, mais parfaitement clair et peu acide.

Levure N° 2 *(Sacch. cerevisiae)* = Levure N° 3.

Levure à cellules rondes 5-6 μ diam., isolées ou bourgeonnantes, à membranes épaisses, et à contenu granuleux présentant souvent une goutteletle huileuse ; sur mi-

lieu solide elle forme des amas blancs, secs, crevassés et pulvérulents dans les colonies jeunes, présentant le même aspect dans les cultures agées, et en plus une frange marginale qui reste en couche mince et sèche. Dans le moût elle forme un faible voile et donne après la fermentation qui est modérée, un vin clair, (sauf un faible voile à la surface) qui est resté doux, un peu acide et aromatique vineux, pas très riche en alcool (5,58 °/₀ vol).

LEVURES N° 4, N° 5 et N° 6 *(Sacch. cerevisiae).*

Cellules semblables, comme forme, à celles des levures précédentes (rondes 4-8 μ de diam) renfermant des gouttelettes huileuses.

Sur gélatine les colonies jeunes forment des masses crevassées, blanches, pulvérulentes; les cultures âgées deviennent uniformément jaunes-grisâtres, et unies, caséeuses et humides.

Dans le moût la fermentation est lente, donne peu d'alcool (6 °/₀ en vol. au maximum) et le vin obtenu est resté doux, trouble et recouvert d'un voile. Il est aromatique, d'un goût d'abord amer, puis acide, désagréable.

LEVURE N° 7 *(Sacch. apiculatus).*

Cellules allongées, plus larges au centre, pointues aux deux extrémités 6-8 μ de longueur et 3-4 μ de largeur. Sur gélatine, les colonies se développent lentement, en formant un enduit clair, grisâtre, transparent et humide. En milieu liquide elles ne forment pas de voile. La fermentation est plus vive que celle observée pour le *S. apiculatus* du vin de Jussy (après 2 mois $^1/_2$, 5 °/₀ en vol. d'alcool). Le vin obtenu est clair, acide, acerbe et désagréable.

Si l'on compare cette analyse d'alcool avec celles qui avaient été

faites pour le Sacch. *apiculatus* du vin du Crest, on verra que ce dernier n'en avait donné que 1,34 % après un mois de culture. Dans ce second essai, les analyses ont été faites 2 mois ½ après l'ensemencement la levure a produit jusqu'à 5 % en vol. d'alcool.

Cela est conforme aux expériences de Hansen [1], car d'après cet auteur le *Saccharomyces apiculatus*, qui ne fait pas fermenter le maltose et n'intervertit pas le saccharose, produit au contraire une fermentation assez active dans une solution de dextrose (15 %) et donne après 1 mois ½ un peu plus de 3 % vol. d'alcool. Dans une autre expérience la même levure lui a fourni jusqu'à 4,3 % en vol.

Il est bon de rappeler ici d'autres expériences du même auteur sur la culture du *Saccharomyces cerevisiae* en présence de l'*apiculatus*. Hansen a démontré que ces deux levures s'entravent mutuellement dans leur développement, que si d'une part l'*apiculatus* seul se multipliait plus activement il ralentissait d'autre part de beaucoup la multiplication du *Sacch. cerevisiae.*

Donc si le *Sacch. apiculatus* [2] se trouve en petite quantité il sera bien vite refoulé par développement plus rapide du *Sacch. cerevisiae*, mais dans le cas où il serait en assez grande quantité sa présence peut fortement entraver l'action des bonnes levures. Cela se confirmera plus loin à propos de la culture N° 11.

Levure N° 8 *(S. ellipsoïdeus).*

Cellules de mêmes formes que pour la levure N° 1 (ovales 8 à 10 μ long. sur 6 μ larg.). Sur gélatine, les colonies diffèrent de celles du N° 1 par ce qu'elles sont plus jaunâtres au centre et que les cultures âgées deviennent uniformément jaunes grisâtres, humides, caséeuses et qu'elles se délaient facilement dans l'eau.

En milieu liquide, la fermentation commence le quatrième jour, elle est tumultueuse, et ne forme pas de voile.

Le vin est clair, limpide (dépôt de cristaux de tartre).

[1] Compte rendu du Lab. de Carlsberg, 5e liv., année 1888, p. 150.

[2] Loc. cit. 3e liv. 1881, p. 183.

Le goût est celui d'un bon vin blanc, faiblement acide et pas du tout sucré, un peu aromatique et l'odeur vineuse, agréable.

LEVURE N° 9.

Cellules petites, arrondies (4 à 5 μ de diam.) rarement ovales, bourgeonnantes, renfermant des gouttelettes d'huile. Sur gélatine, les jeunes cultures se présentent sous forme de masses caséeuses d'un blanc jaunâtre, à surface aplatie, à bords ordinairement ondulés, pulvérulents et secs. Les cultures plus âgées sont devenues d'un jaune mat uniforme, dégagent une odeur de levain et se délayent facilement dans l'eau. Sur moût, elles donnent une fermentation tumultueuse et rapide, sans voile, et un vin clair, riche en alcool (8,61 °/₀ vol.). Le goût est celui d'un vin blanc alcoolique un peu amer, aromatique, et pas très agréable (rappelle le cognac).

LEVURE N° 10 *(Sacch. cerevisiæ)*.

Forme des cellules comme pour le N° 2, rondes (4 à 6 μ de diam.) souvent bourgeonnantes surtout en milieu liquide. Sur gélatine les colonies forment des croûtes blanches pulvérulentes, crevassées, lorsque la culture est jeune : jaunes caséeuses humides dans les plus âgées. Elles ne se délayent pas facilement dans l'eau. En milieu liquide (sur moût) elles forment voile, donnent une fermentation faible et presque terminée au bout de 15 jours. Le vin obtenu est trouble, d'odeur aromatique d'acétate d'amyle : il est resté doux, aromatique et désagréable au goût, pauvre en alcool (5 °/₀ en vol.).

LEVURE N° 11 *(Sacch. ellipsoideus)*.

La levure répond en tout point à ce que nous avons

dit pour la levure N° 1, elle s'est trouvée lors des expériences à l'état d'impureté, c'est-à-dire mélangée au *Sacch. apiculatus*.

En milieu liquide (moût) la fermentation est rapide, tumultueuse, le vin clair, mais moins riche en alcool que le N° 1 (8,40 °/₀ vol).

Dans cette culture le *Sacch. apiculatus* s'est développé en assez forte proportion et a entravé le développement et diminué le pouvoir fermentescible de la levure N° 1 en donnant un vin de goût désagréable.

Levure N° 12 *(Sacch. ellipsoideus)*.

Cellules ressemblant à celles de la levure N° 1, ovales grandes (10 μ long. sur 5 μ de large) à contenu finement granuleux. Sur gélatine elles forment une croûte blanche peu élevée à surface plate, lisse, jaunâtre. Les bords sont au contraire blancs et pulvérulents. Dans les vieilles cultures toute la masse devient uniformément jaunâtre, caséeuse et humide. odeur faible de vin. Sur moût elles produisent très rapidement une fermentation tumultueuse, sans voile. Le vin est absolument clair, alcoolique (8,61 à 9,04 °/₀ vol.) plat, âpre, un peu acide et peu aromatique.

Levures N°s 13 et 14 *(Sacch. ellipsoideus)*.

Cellules petites, rondes, rappellent N° 9, mais plus ovales (dimensions 4 μ de long. sur 3 μ de large). Sur gélatine elles forment une couche mince d'un blanc jaunâtre, mattes et sèches à bords ondulés et blanchâtres. Elles dégagent une odeur de vin et ne se délayent que difficilement dans l'eau. Dans les cultures âgées la masse est devenue jaune caséeuse et grasse.

Dans le moût elles produisent une fermentation tumultueuse et pas de voile. Le vin s'éclaircit rapidement au bout du quinzième jour (renferme jusqu'à 9,04 % en vol. d'alcool) ; vin aromatique et un peu amer.

LEVURES N°s 15 et 16 *(Sacch. ellipsoideus)*.

Cellules ovales, 6,12 jusqu'à 16 μ de longueur sur 4 μ de largeur, à contenu granuleux, vacuolisé. bourgeonnant fortement. Sur gélatine elles forment dans les cultures jeunes, des croûtes blanches, légèrement jaunâtres dans la partie centrale, les bords étant au contraire blancs, ondulés et secs.

Dans les cultures plus âgées toute la masse est devenue jaunâtre et caséeuse.

Dans le moût elles provoquent une fermentation très tumultueuse qui cesse rapidement. Le vin obtenu est clair (sans voile), riche en alcool (8,18 à 9,04 % vol.) pas du tout sucré, astringent, un peu acide et aromatique, bouquet agréable.

LEVURE N° 17 *(Sacch. ellipsoideus)*.

Tant au point de vue de la forme des cellules qu'à celui de l'aspect des colonies cette levure rappelle le N° 12, mais les cellules sont un peu plus grandes 8,12-14 μ, le contenu fortement granuleux.

Sur gélatine elles forment des masses blanches pulvérulentes dans les cultures jeunes. au contraire jaunes. humides et caséeuses dans les cultures âgées.

Sur moût, elles ne forment pas voile, mais donnent une fermentation tumultueuse (alcool 7,13 % en vol.). Le vin est clair, d'un goût agréable, peu acide et un peu aromatique.

Voici, pour résumer, le tableau de la teneur en alcool pour tous ces vins après plus de deux mois de culture.

L'alcool est déterminé en °/₀, en poids et en volume.

Alcool.

	Flacon N° 1		Flacon N° 2		Moyennes	
	Pds.	Vol.	Pds.	Vol.	Pds.	Vol.
Levure N° 1	7,27	9,04	7,93	9,86	7,6	9,45
» N° 2	4,62	5,78	4,31	5,39	4,46	5,58
» N° 3	4,94	6,17	4,94	6,17	4,94	6,17
» N° 4	3,41	4,27	3,41	4,27	3,41	4,27
» N° 5	3,41	4,27	4,—	5,—	3,70	4,63
» N° 6	4,62	5,78	4,—	5,—	4,31	5,39
» N° 7	4,—	5,—	4,—	5,—	4,—	5,—
» N° 8	7,27	9,04	6,57	8,18	6,92	8,61
» N° 9	7,27	9,04	6,57	8,18	6,92	8,61
» N° 10	4,—	5,—	4,—	5,—	4,—	5,—
» N° 11	6,57	8,18	6,93	8,63	6,75	8,40
» N° 12	7,27	9,04	6,93	8,63	7,10	8,83
» N° 13	7,27	9,04	6,57	8,18	6,92	8,61
» N° 14	7,27	9,04	7,27	9,04	7,27	9,04
» N° 15	6,57	8,18	6,57	8,18	6,57	8,18
» N° 16	7,27	9,04	7,27	9,04	7,27	9,04
» N° 17	5,56	6,94	5,87	7,32	5,72	7,13

En comparant les deux chiffres dans les flacons N° 1 et N° 2, on remarquera parfois une assez forte différence entre l'un et l'autre, qui ne dépasse ordinairement 1 °/₀. Cette différence provient très probablement de la quantité primitive de levures introduites.

Quant à la quantité de sucre restant après la fermentation, elle est d'autant plus forte que cette fermentation aura été moins active, comme le montre le tableau suivant.

Détermination du glucose restant (Glucose primitif 18,33 °/₀)

	Flacon N° 1	Flacon N° 2	Moyenne
Levure N° 1	traces	0,123 °/₀	0,123
» N° 2	7,2	7,2	7,2
» N° 3	6,0	5,30	5,65
» N° 4	7,2	6,11	6,65
» N° 5	6,05	6,—	6,02
» N° 6	4,48	5,—	4,74
» N° 7	6,64	6,05	6,35
» N° 8	traces	traces	—
» N° 9	traces	traces	—
» N° 10	7,12	7,12	7,12
» N° 11	traces	traces	—
» N° 12	id.	id.	—
» N° 13	id.	id.	—
» N° 14	id.	id.	—
» N° 15	id.	id.	—
» N° 16	id.	id.	—
» N° 17	id.	id.	—

L'acidité varie généralement dans les vins d'une façon assez irrégulière. On sait que pendant la fermentation elle augmente ou diminue alternativement, mais qu'en définitive elle tend à diminuer, car les levures consomment une partie des acides.

Dans le tableau qui suit on remarque que pour les levures produisant des fermentations actives et complètes, l'acidité peut diminuer dans certains cas (levure N° 1), mais qu'elle augmente au contraire dans la plupart des autres cas (par exemple N°s 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17).

Acidité. Acidité primitive 0,87 (ac. tartrique)

	Flacon N° 1	Flacon N° 2	Moyennes
Levure N° 1	0,866 °/o	0,882	0,874
» N° 2	0,945 °/o	0,913	0,929
» N° 3	0,924 °/o	0,939	0.931
» N° 4	0,849 °/o	0,855	0,852
» N° 5	0,876	0,887	0,881
» N° 6	0,929	0,929	0,929
» N° 7	0,939	0,939	0,939
» N° 8	0,892	0,892	0,892
» N° 9	0,898	0,912	0,905
» N° 10	0,927	0,927	0,927
» N° 11	0,979	0,898	0,938
» N° 12	0,905	0,898	0,901
» N° 13	0,927	0,927	0,927
» N° 14	0,986	0,986	0,986
» N° 15	0,942	0,854	0,898
» N° 16	0,986	0,920	0,953
» N° 17	0,957	0,868	0,912

Une autre série de cultures a été effectuée en remplaçant le moût de raisin par le jus de pommes, celà dans le but d'étudier les *bouquets* que pourraient donner ces diverses levures. On sait en effet que ces milieux se prêtent beaucoup mieux à ces expériences que les sucs de raisins (comme le prouvent les expériences de Wortmann [1]).

Disons tout de suite que les vins mis en expérience ne nous ont pas donné à ce point de vue des résultats bien extraordinaires, comme du reste on pourrait le prévoir pour les vins de notre contrée. Quelques-unes de ces levures ont fournit des produits aromatiques, le plus souvent, il est vrai, en faible quantité.

[1] Wortmann. Mittheil. über Weinbau u. Kellerwirthschaft 1893, N° 6, et Landwirth. Jahrbücher, t. XXIII, 1894, p. 535.

Voici du reste les résultats obtenus.

1° *Pour le vin rouge de Jussy* (château du Crest).

Levures N^{os} I, II, III. — Les levures qui ont formé un voile très prononcé, ont donné au liquide de culture une odeur fortement aromatique rappelant l'acide acétique et les éthers de cet acide entre autre l'acétate d'amyle. Le goût très aromatique est très désagréable, surtout dans le N° III. Ce goût rappelle celui des vins rouges du Midi (Espagne).

Levure N° IV. — Goût piquant, vineux et peu aromatique, mais agréable.

Levure N° V. — Le liquide est très peu sucré et un peu aromatique, désagréable.

Levure N° VI. — Le cidre est resté doux, a peu fermenté: sans autre arôme que celui du liquide primitif.

Les cidres produits avec les trois premières levures sont très parfumés mais désagréables. Ce sont aussi des levures de fermentations incomplètes.

La levure IV, au contraire, est celle qui a fourni le plus d'alcool, donne un cidre aromatique et agréable au goût.

2° *Pour le vin blanc du Carre.*

Levure 1. — Odeur faible, goût assez vineux très légèrement aromatique.

Levure 2. — Goût doux, vineux, désagréable.

Levure 3. — Goût doux, vineux, désagréable et très aromatique, répand un parfum d'*acétate d'amyle.*

Levures 4, 5, 6, 10. — Odeur faible, goût doux désagréable, rappelant les moisissures.

Levure 7. — Goût aromatique et doux rappelant le N° 3.

Levure 8. — Cidre clair, un peu aromatique, agréable au goût.

Levure 9. — Cidre légèrement amer piquant, un peu aromatique et pas très agréable.

Levures 13, 14. — Même goût que chez le précédent, aromatique mais moins amer.

Levure 11. — (Mélange du N° 1 + *S. apiculatus*) odeur vineuse, goût vineux aromatique désagréable.

Levure 12. — Cidre sans arôme, plat.

Levures 15, 16, 17. — Cidres astringents, pas doux, *agréables au goût*, mais sans beaucoup d'arôme.

Les levures qui ont donné des cidres fortement parfumés et un goût désagréable d'acétate d'amyle sont aussi celles qui ont donné le moins d'alcool et des fermentations incomplètes. Ce sont par exemple 2, 3, 4, 5, 6, 10 et 7.

Les autres qui ont produit ordinairement de bonnes fermentations peuvent se diviser en deux catégories.

1° Dans l'une le cidre obtenu, quoique fort en alcool est trop aromatique et amer, ce sont 1, 9, 13, 14 et par conséquent peu agréable au goût.

2° Enfin les derniers sont plus astringents, agréables au goût et n'ont qu'un faible arôme.

Conclusions

Sur les six espèces mises en expériences dans le vin rouge du Crest, il s'en est trouvé cinq qui présentaient des caractères essentiellement différents, ce sont :

1° *La levure N° I* (=*II*) donne un vin relativement pauvre en alcool, de mauvais goût et aromatique.

2° *La levure N° III* produit peu d'alcool et un liquide fermenté qui possède un mauvais goût et une odeur aromatique désagréable (acétate d'amyle), goût que l'on rencontre souvent dans les gros vins rouges du midi. Cette levure peut donc pour une part, contribuer à diminuer

la qualité d'un vin, en lui donnant un goût et un arôme désagréables.

3° *La levure N° IV* au contraire, a donné le maximum d'alcool, a absorbé presque tout le sucre et produit un vin clair d'un goût agréable.

4° *La levure N° V* est le *Saccharomyces apiculatus*, mauvaise levure que nous avons rencontrée en assez forte proportion dans les triages de ce vin de Jussy.

5° *La levure N° VI* ne provoque pas une fermentation complète et produit un vin sans arôme.

Dans le vin blanc du Carre, sur 17 espèces isolées et mises en expérience, 11 se trouvent différentes, ce sont : *N° 1*, *N° 2* (= *3*), *N° 4* (= *5* = *6*), *N° 7*, *N° 8*, *N° 9*, *N° 10*, *N° 12*, *N° 13* (= *14*), *N° 15* (= *16*) et *N° 17*, que nous pouvons diviser en deux catégories:

1° Celles qui produisent des fermentations incomplètes (2, 3, 4, 5, 6, 7, 10), un vin de goût désagréable et aromatique.

2° Celles (au nombre de 9) qui possèdent toutes en commun, l'avantage de produire une fermentation rapide et un vin clair. Dans cette seconde catégorie se trouvent:

La levure N° 1 donne un vin de goût amer, légèrement aromatique.

La levure N° 8, vin un peu aromatique mais pas désagréable.

Levure N° 9, vin amer, piquant, un peu aromatique.

Levure N° 13 (= *14*), vin de même goût, un peu moins amer.

Levure N° 11 (mélange du N° 7 + *S. apiculatus*), vin aromatique, vineux, désagréable.

Levure N° 12, vin sans arôme, plat.

Levures N° 15, 16 et *17*, vins astringeants, très peu aromatiques *agréables au goût*.

Une expérience en grand a été faite avec la levure N° IV du vin du Crest.

De deux tonneaux placés dans les mêmes conditions, de 100 litres chacun, remplis d'un même moût pris sous le pressoir, l'un a été ensemencé avec la levure IV l'autre est resté comme témoin.

Une différence dans la fermentation s'est fait sentir. Dans le tonneau ensemencé la fermentation tumultueuse a commencé tôt et cessé une semaine avant celle du tonneau contrôle. L'analyse des deux vins a été faite plus de trois mois après l'époque de la vendange et a donné le résultat suivant :

Ces deux analyses complètes ont été effectuées dans le laboratoire cantonal d'analyses dirigé par M. le Dr Ackermann que je remercie ici spécialement pour les facilité qu'il m'a accordées.

Analyses conparatives de 2 vins blancs dont l'un ensemencé avec la levure IV du Crest.

	Vin non ensemencé			Ensemencé	
Alcool	9,80 °/₀ en vol.			9,91	°/₀
Extrait (calculé)	19,32	par litre		19,48	°/₀₀
Extrait (direct)	18,58	»	»	18,56	»
Cendres	1,94	»	»	1,94	»
Acidité (en acide tartrique)	7,10	»	»	7,17	»
Acidité volatile (acide acétique	0,12	»	»	0,12	»
Tartre	1,2			1,3	»

Le vin ensemencé a donc légèrement plus d'alcool, l'acidité est également un peu plus forte. Mais en somme, la différence entre ces deux vins est peu sensible.

Toutefois le goût du vin inoculé est bon, et le fait que la fermentation s'est effectuée plus rapidement, lui assure une stabilité plus grande.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

HANS RUPE et HANS GEBHARDT. SUR QUELQUES DÉRIVÉS DISSYMÉTRIQUES DE LA PHÉNYLHYDRAZINE ; PHÉNYLHYDRAZIDOFORMIATE D'ÉTHYLE (*Berichte* XXXII, 10, Zurich).

Préparation et description de : l'acétylphénylhydrazidoformiate d'éthyle, phényl-1-méthyl.4.oxy.3.biazolone, phénylhydrazidoformiate d'éthyle, semicarbazide correspondante, phényl.1.urazol, diphénylcarbazide-dicarbonate d'éthyle et diphényldicétotètrazine.

EUG. BAMBERGER. SUR L'OXYDATION DES BASES AROMATIQUES (*Berichte* XXXII, 342 Zurich).

Lorsqu'on oxyde l'aniline par le permanganate de potasse en présence d'aldéhyde formique, on obtient du nitrobenzène, de l'azoxybenzène (et du diamidodiphényl-méthane). Toutefois le premier terme de l'oxydation est la phénylhydroxylamine qui se transforme immédiatement ; les auteurs supposent que cette dernière base, peut avoir la constitution d'un oxyde d'aniline $C_6H_5 - N \begin{smallmatrix} \diagup O \\ \diagdown H_2 \end{smallmatrix}$ au moment de sa formation et pour élucider cette question ils ont préparé un composé analogue avec la diméthylaniline. Cet oxyde se décompose vers 160° en O. et diméthylaniline, la solution

aqueuse a une réaction alcaline ; divers sels ont été préparés, ainsi que l'oxyde de diéthylaniline et les picrates des oxydes de diméthyl. para- et diméthyl o. toluidine.

H. KUNZ-KRAUSE. SUR LE FABIANA IMBRICATA ET SA COMPOSITION CHIMIQUE (*Arch. d. Pharm.*, 237, p. 1, Lausanne).

Cette solanée contient de la choline dans son bois et ses feuilles, en outre des substances non azotées, parmi lesquelles le fabianol $C_{54}H_{90}O_4$, le resène, un glucoside insoluble dans l'alcool et dédoublable en acide chrysatropique et en un sucre non cristallisable, inactif mais réducteur. Les feuilles de la plante renferment beaucoup de phosphate de magnésie.

A. TSCHIRCH. SUR LA GOMME LAQUE (*Arch. d. pharm.*, 237, p. 35, Berne).

Elle renferme une cire (6 %) renfermant les alcools myricique et cérylique, à l'état libre ou éthérifiés; la matière colorante (6,5 %) et de l'acide laccaïnique; la résine proprement dite (74,5) renferme 65 % de matières insol. dans l'éther et 35 % de substances solubles renfermant des acides gras libres et une substance cireuse présentant, de façon intense l'odeur de laque, enfin une oxyméthylanthraquinone.

A. TSCHIRCH. SÉCRÉTIONS VÉGÉTALES ; avec A. KNITL. SUR L'OPOPANAX ET LE GALBANUM (*Arch. d. Pharm.*, 237, p. 256). Avec A. WILL. SUR LES SÉCRÉTIONS DES PLANTES LORSQU'ELLES ONT ÉTÉ BLESSÉES, SOIT DANS LE BOIS SAIN, SOIT DANS LA PARTIE BLESSÉE (*Arch. d. Pharm*, 237, p. 369, Berne).

E. ABDERHALDEN. ETUDE SUR LE LAIT A PROPOS DE LA NUTRITION (*Ztsch. physiol.*, 26, p. 498; 27, p. 356; 27, p. 408, 27, p. 594, Bâle).

Dans ces mémoires, l'auteur étudie les relations entre la

composition des cendres du nouveau né et celle des cendres du lait et du sang de la mère. Le résultat confirme la loi posée par Bunge à savoir que le lait est d'autant plus riche en albumine, cendres, chaux et acide phosphorique, que le nouveau-né qui doit consommer ce lait accroit plus rapidement son poids et que la composition centésimale des cendres est sensiblement la même de part et d'autre.

N. Rongger. Sur la composition des graines de picea excelsa et sur les produits de décomposition des substances protéiques qu'elles renferment (*Landw. Ver. Stat.*, 51; p. 89, Zurich).

La décomposition des substances protéiques par l'acide chlorhydrique a fourni beaucoup d'arguinine (10,3 %) à côté de leucine, de tyrosine et de quelques autres bases non identifiées.

E. Schulze et N. Rongger. Composition des graines de pinus cembra (*Landw. Ver. Stat.*, 51, p. 189, Zurich).

E. Schulze. Décomposition de l'albumine et formation de l'asparagine et de la glutamine dans les plantes *Ztschs. physiol. Chem.*, 26, p. 411, Zurich).

Discussion sur un travail de Stoklasa qui admet que l'asparagine se forme par dissimilation, non pas, surtout par hydrolise mais par oxydation, ce qu'avait déjà remarqué Schulze. Ce dernier polémique aussi avec W. Pfeffer qui voudrait que l'albumine d'une même constitution donne des produits de décomposition différents suivant les circonstances, tandis que l'auteur prétend que les premiers produits de décomposition doivent être toujours les mêmes, étant admis le noyau des protamines dans la molécule d'albumine, ces premiers produits pouvant être de nouveau décomposés par la plante.

L'auteur avait émis l'idée que la glutamine joue dans les plantes le même rôle que l'asparagine, dans la formation de l'albumine, ce qui a été confirmé par Hansteen, pourvu que le sucre de raisin soit présent, tandis que la leucine et que d'autres acides amidés ne jouent pas le même rôle.

E. Schulze. Sur la présence du sucre de canne dans les plantes et son role physiologique et sur les autres hydrates de carbone solubles qui l'accompagnent (*Zeitschr. physiol. Chem.*, 27, p. 267, Zurich).

Il confirme la grande diffusion du saccharose dans le règne végétal. Le travail se termine par des considérations théoriques sur le rôle du saccharose et des autres sucres dans les plantes. Le saccharose apparaît comme jouant dans les graines le rôle d'une réserve peu abondante mais facilement accessible et dans la plante se développant, le rôle d'une substance de translocation; il est une des formes solubles que prennent les amyloses au moment de leur transport à travers la plante.

H. Pauly. Sur la condensation des Mercaptanes avec les bases acétoniques cycliques (*Berichte* XXXI, p. 3145, Bâle).

Les bases acétoniques cycliques comme la triacétonamine et la vinyldiacétonamine se combinent directement avec les mercaptans en présence d'H*Cl* et d'alcool, mais tandis que les autres cétones donnent des mercaptoles avec 2 mol. de mercaptan, celle-ci, additionnent 1 mol. de mercaptan, il y a élimination d'eau et formation d'une sulfure alkylé de triacétonine.

H. Pauly et J. Rossbach. Sur la formation des dérivés de la pyrroline et de la pyrrolidine a partir de la triacétonamine (*Berichte* XXXII, p. 2000, Bâle).

Les auteurs ont déjà décrit un dérivé dibromé de la tria-

cétonamine ainsi que le produit de l'action de l'ammoniaque sur ce dérivé; d'après leurs nouvelles recherches cette dernière réaction serait représentée par l'équation :

$$\begin{array}{lcccl} & CHBr - & CO & - CHBr & \\ & | & & | & + {}_3NH_3 = \\ (CH_3)^2 & C - & NH & - C\,(CH_3)^2 & \\ & HC = & = = & = C - CO.NH_2 & \\ = & | & & | & + {}_2NH_4Br \\ (HC_3)^2 & C - & NH & - C\,(CH_3)^2 & \end{array}$$

Le noyau hexagonal se transformerait en noyau pentagonal, le groupement CO étant séparé de la chaîne pour former un radical amide; ce serait une amide α tétraméthylpyrroline-β-carbonique.

Suit une partie expérimentale.

A. Werner avec F. Steinitzer et K. Rucker. Sur des combinaisons de cobalt avec l'ammoniaque (*Zeits. an. Chem.*, 21 p. 96, Zurich).

A. Werner avec A. Vilmos. Sur les sels cobaltiques de l'oxalodiéthylènediamine (*Zeits. an. Chem.*, 21, p. 145, Zurich).

A. Werner avec W. Skiba. Sur des transpositions dans le groupe de l'acide benzhydroxamique (*Berichte* XXXII, p. 1654, Zurich).

A. Werner et C. Bloch. Sur le chlorure de l'acide o. chlorobenzhydroximique et sur ses produits de transformation (*Berichte* XXXII, p. 1975, Zurich).

Les chlorures des acides hydroximiques sont transformés par l'ammoniaque et les amines en amidoximes ou leurs produits de substitution. Les alcalis et carbonates alcalins les décomposent en donnant de l'acide hydroxamique et du peroxyde de dioxime; les peroxydes de dioxime donnent, par réduction, les syndioximes correspondantes. Les sels

d'argent des acides organiques réagissent sur les chlorures des acides hydroximiques avec formation d'éthers acides des acides hydroxamiques et de peroxydes de dioximes. La chaleur décompose les mêmes chlorures soit en nitrites, soit en azoximes. L'humidité agit à la longue en donnant naissance à un acide hydroxamique substitué et à de l'hydroxylamine.

A. WERNER avec W. SPRUCK, W. MEGERLE et J. PASTOR. COMBINAISONS DE L'ÉTHYLÈNEDIAMINE ET DE LA PROPYLÈNEDIAMINE AVEC DES SELS DE MÉTAUX BIVALENTS (*Zeits. an. Chem.*, 21 p. 201, Zurich).

A. WERNER avec E. GREBE. DE L'ACIDE PLATINOXALIQUE (*Zeits. an. Chem.*, 21, p. 377, Zurich).

A. WERNER et TH. HERBERGER. DE LA FORMATION DES CHAINES FERMÉES AVEC SÉPARATION DE GROUPES NITRÉS AROMATIQUES (*Berichte* XXXII, p. 2686, Zurich).

Dans quelques cas, le groupe nitré, si intimément lié au noyau aromatique, peut être éliminé par un alcali, lorsque par exemple, il peut se former une nouvelle chaîne fermée ; V. Meyer, Turpin, Kehrmann et Messinger ont déjà observé des réactions semblables. Les auteurs ont trouvé que des combinaisons du type de l'éther benzènylamidoxime o. p. dinitrophényle, chauffées avec de la potasse alcoolique, présentaient le même phénomène, la solution se colore en bleu et les acides précipitent de la solution devenue jaune, des dérivés benzazoxaziniques :

$$C_6H_5-C(NH_2)=N-O-C_6H_3(NO_2)_2 + KOH =$$

$$= C_6H_5C\begin{cases} NH \\ N-O \end{cases}C_6H_3NO_2 + KNO_2 + H_2O$$

ces substances se présentent sous deux modifications, ce qui semble indiquer que l'H du groupe NH est facilement transporté à l'autre atome d'N. Les corps dans lesquels le groupe NH est alkylé ne présentent plus cette transposition.

A. Werner avec H. Muller, R. Klein et F. Braunlich. Sur des sels de cobalt sulfocyanogénés et autres sels de structure isomérique (*Zeits. an. Chem.*, 22, p. 91, Zurich).

A.-Samtleben. Perbromures d'acétonalcamines (*Berichte*, t. XXXII, p. 663, Bâle).

La triacétonalcamine traitée par HBr à 150° fournit la bromotétraméthylpipéridine, qui se transforme lentement en bromhydrate de triacétonine, mais dissoute dans HBr et additionnée de brome, elle fournit un bromhydrate de perbromure, corps peu stable décomposé par l'eau, déplaçant l'iode des iodures ; traité par NaOH, elle fournit l'az-bromo-p-bromotétraméthylpipéridine.

E. Winterstein. Sur les matières azotées des champignons (*Zeits. phys. Chem.*, 26, p. 438, Zurich).

L'auteur a extrait de l'*agaricus campestris* un corps azoté cristallisable, et du *boletus edulis* une substance renfermant du phosphore et de l'azote.

Emile Hæusermann. Du fer contenu dans le plasma du sang et dans les leucocytes (*Zeits. phys. Chem.*, 26, p. 436, Bâle).

L'auteur a trouvé 1^{mm} de fer par 100 gr. de plasma de sang de veau et 0,78 mg. pour 100 gr. de celui de bœuf, tandis que 100 gr. de fibrine sèche provenant de sang de porc renfermaient une moyenne de 9,6 mg. de fer.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE GENÈVE

Séance du 8 février 1900.

A. Pictet et B. Athanasescu. Laudanosine. — F. Ullmann et M. Nalband. Naphtacridines.

M. le prof. Amé Pictet donne à la Société de nouveaux détails sur la *n-méthyltétrahydropapavérine*, qu'il a préparée, en collaboration avec M. B. Athanasescu, en réduisant l'iodométhylate ou le chlorométhylate de papavérine au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique[1]. Cette base cristallise dans l'alcool dilué ou dans la ligroïne en longues aiguilles blanches fusibles à 115°; elle est sans action sur la lumière polarisée; elle donne avec les principaux réactifs des alcaloïdes des colorations qui sont absolument identiques à celles que fournit la *laudanosine*, alcaloïde dextrogyre retiré en 1872 de l'opium par M. Hesse et possédant la même composition que la méthylhydropapavérine.

Ce fait pouvant faire supposer que cette dernière base constituât la laudanosine racémique, les auteurs ont cherché à la dédoubler en ses deux modifications optiques par combinaison avec un acide actif. Après plusieurs essais infructueux effectués avec les acides tartrique, dibenzoyltartrique, camphorique, etc., ils ont trouvé dans l'*acide quinique* un agent qui les a conduits au but. Si l'on dissout des quantités équimoléculaires de méthylhydropapavérine et d'acide quinique dans l'alcool bouillant et qu'on laisse refroidir lentement la solution, il s'y dépose un sel bien cristallisé en aiguilles fusi-

[1] *Archives*, **8**, 304.

bles à 120°, tandis qu'il reste dans les eaux-mères un corps plus soluble, que l'éther précipite à son tour à l'état gommeux. Ces deux quinates, convenablement purifiées, fournissent par décomposition au moyen d'un alcali deux bases actives, fusibles toutes deux à 89° et possédant des pouvoirs rotatoires de même valeur, mais de signes contraires. La base dextrogyre, provenant du quinate gommeux, s'est montrée identique en tous points à la laudanosine de l'opium.

L'examen physiologique de la laudanosine racémique, effectué par M. le Dr A. Babel, a montré que c'est une substance extrêmement toxique, se rapprochant par son action convulsivante de lathébaïne et de la strychnine. Elle est sans action narcotique appréciable et ne semble pouvoir être d'aucune utilité thérapeutique.

M. F. Ullmann a préparé avec M. M. Nalband quelques nouvelles *naphtacridines*, d'après le procédé précédemment décrit[1], en remplaçant la *p*-toluidine par d'autres amines aromatiques. Les dérivés obtenus avec l'aniline, l'*o*-toluidine et la *m*-xylidine, présentent les points de fusion 131°, 143° et 152°.

Séance du 8 mars.

C. Græbe et F. Hönigsberger. Oxydation du chrysène. — F. Ullmann. Action de la formaldéhyde sur la m-toluylène-diamine. — F. Kehrmann. Synthèse de la phénosafranine. — F. Reverdin et P. Crépieux. Chloronaphtylamine 2.4.

M. le prof. Græbe rend compte de l'étude qu'il a faite avec M. F. Hönigsberger des produits d'oxydation du *chrysène*.

M. F. Ullmann s'est assuré que la réaction de l'aldéhyde formique sur la *m*-toluylène-diamine, qu'elle ait lieu en solution aqueuse ou alcoolique, fournit toujours un corps comparable par sa constitution à l'anhydro-formaldéhyde-aniline, et non un dérivé de l'alcool benzylique. Le produit donne, en effet, avec l'acide sulfureux un acide ω-sulfonique sus-

[1] *Archives*, **7**, 293.

ceptible d'être transformé en colorants azoïques qui, chauffés avec un alcali, sont décomposés en donnant une chrysoïdine, de l'acide sulfureux et de la formaldéhyde.

Le produit de condensation perd également de l'aldéhyde formique sous l'action des acides minéraux étendus, ce que l'on peut facilement constater au moyen de la phloroglucine et de l'acide chlorhydrique, d'après la méthode de Tollens. La formation d'aldéhyde ne saurait avoir lieu avec un dérivé de l'alcool benzylique; elle constitue donc une preuve décisive en faveur de la formule attribuée par M. Ullmann au produit de condensation.

M. F. Kehrmann a observé un intéressant mode de formation de l'*aposafranine*. La leucobase de l'isophénosafranine décrite dans une précédente séance [1], se transforme, par perte d'ammoniaque, en aposafranine, lorsqu'on la chauffe avec des substances basiques ($Na_2\,CO_3$, NH_3, aniline, etc.) :

NH_2, NH_2, NH, N, H, Cl, C_6H_5 = NH_2, N, N, Cl, C_6H_5 + NH_3

Comme on est déjà parvenu à opérer la transformation de l'aposafranine en phénosafranine, cette observation constitue une nouvelle synthèse totale de la phénosafranine à partir du chlorure de picryle et de l'*o*-aminodiphénylamine.

M. F. Reverdin annonce qu'il résulte de nouvelles recherches, faites en collaboration avec M. P. Crépieux, que la *chloronaphtylamine 2.4*, préparée en suivant les indications de M. Atterberg (nitration de l'α-chloronaphtaline et réduction du produit) possède bien le point de fusion, 98° indiqué par M. Crépieux dans une des dernières séances [3].

A. P.

[1] *Archives*, **7**, 596.

[2] *Archives*, **9**, 198.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MARS 1900

Le 1er, très forte bise depuis 7 h. du soir; neige depuis 5 h. 40 m. à 7 h. du soir.
2, très forte bise le matin jusqu'à 7 h. du soir.
3, gelée blanche le matin.
4, légère neige de 7 h. 30 m. à 10 h. du matin; giboulées de neige dans l'après-midi; très forte bise depuis 4 h. du soir.
5, très forte bise pendant tout le jour.
6, forte bise la nuit jusqu'à 7 h. du matin, à 1 h. et à 4 h. du soir.
7, très forte gelée blanche le matin.
8, forte gelée blanche le matin; couronne et halo lunaire depuis 7 h. 30 m. du soir.
9, très forte gelée blanche le matin; halo et couronne lunaire depuis 7 h. du soir; rosée à 10 h. du soir.
10, très forte gelée blanche le matin; rosée à 10 h. du soir.
11, gelée blanche le matin; légère pluie depuis 10 h. du soir.
12, léger brouillard enveloppant à 7 h. du matin.
13, légère gelée blanche le matin; forte bise depuis 9 h. du soir.
14, très forte bise jusqu'à 7 h. du soir,
15, gelée blanche le matin; forte bise à 10 h. du matin; couronne lunaire à 9 h. du soir.
16, très forte gelée blanche le matin; fort vent à 1 h. et à 4 h. du soir.
17, quelques gouttes de pluie à 8 h. 10 m. du matin; fort vent à 10 h. du matin.
18, légère chute de neige à 6 h. 15 m. du matin; forte bise à 1 h. et à 4 h. du soir.
19, très forte gelée blanche le matin.
20, neige de 8 h. 10 m. à 8 h. 30 m. du matin et pluie ensuite jusqu'à 9 h. du soir.
21, légère pluie la nuit.
22, pluie dans la nuit, à 7 h. et à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir; fort vent à 7 h. du matin.
23, pluie dans la nuit et à 8 h. 30 m. du soir; très fort vent de 10 h. du matin à 4 h. du soir.
24, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et de 1 h. à 4 h. du soir; grésil à 1 h. du soir; fort vent à 7 h. du matin.
25, faible pluie à 7 h. du soir.
26, quelques flocons de neige avant 7 h. du matin; fort vent à 4 h. du soir.
27, neige depuis 2 h. 55 m. du soir; hauteur : 7cm,0.
28, neige dans la nuit et à 10 h. du matin; hauteur : 3cm,0.
29, très forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir; giboulées de neige de 4 h. 45 m. à 5 h. 25 m. du soir.
30, forte bise pendant tout le jour; légère neige à 6 h. 30 m. et à 9 h. du soir.
31, très forte bise pendant tout le jour.

Hauteur totale de la neige : 10cm,0, en 2 jours.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 11 h. soir	725,48	Le 3 à 11 h. soir	727,20
10 à 9 h. matin	736,47	4 à 1 h. soir	719,86
17 à minuit	715,82	10 à 5 h. soir	734,42
20 à 7 h. soir	721,26	17 à 4 h. soir	711,29
24 à 11 h. soir	717,95	20 à 4 h. matin	717,28
31 à 9 h. soir	727,64	22 à 1 h. matin	710,46
		31 à 1 h. matin	723,80

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIERES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	42.0	41.4	37.0	40.0	48.5	41.5

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	40.3	40.4	37.7	31.3	*	42.0

* Pluviomètre en réparation.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièm. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièm. Minim.	Fract. de saturation en millièm. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	°	°	cm
1	724.39	— 1.44	722.29	725.48	+ 3.91	+ 0.93	— 2.7	+ 9.0	732	— 56	530	870	0,1	..	NNE. 2	15.7	0.77	0.2	+ 6.0	+ 0.6	99.0
2	725.83	+ 0.07	725.08	727.48	— 2.51	— 5.60	— 4.8	— 0.3	728	— 58	620	800	...	..	NNE. 3	25.1	0,25	9.1	4.7	— 0.8	100.7
3	727.91	+ 2.21	727.20	729.28	— 1.81	— 5.01	— 6.0	+ 2.7	735	— 48	640	800	...	..	var.	1.3	0.38	7.3	4.6	— 0.9	97.4
4	722.03	— 3.61	719.86	727.21	— 2,65	— 5.97	— 6.8	+ 3,1	819	+ 38	710	930	0,1	..	NNE. 3	18.8	0.72	1.9	...	.....	88.0
5	723.27	— 2.31	721.05	726.84	— 5.44	— 8,87	— 8.9	— 2.3	762	— 17	700	800	...	..	NNE. 3	29.2	0.28	7.1	3.5	— 2.1	93.5
6	728.16	+ 2.63	727.19	729.21	— 2.97	— 6,52	— 6.3	+ 1,0	754	— 22	680	820	...	..	var.	13.6	0.17	8,7	4.4	— 1.5	93.5
7	728.92	+ 3.45	728.25	729.70	— 1.21	— 4,87	— 7,1	+ 3.8	784	+ 10	510	960	...	..	NNE. 1	7.3	0.23	7,4	4.4	— 1.3	87.5
8	729.68	+ 4.27	728,91	730.91	— 0.31	— 3.47	— 4,8	+ 5.2	730	— 41	460	920	...	..	var.	4.6	0.18	7.1	4.5	— 1.2	85.0
9	732.90	+ 7.54	731.24	734.68	+ 1.79	— 2.11	— 3.8	+ 6.7	771	+ 2	580	940	...	..	var.	3.3	0.80	4,6	5.0	— 0.8	83.7
10	735.33	+ 10.03	734.42	736.47	+ 3,43	— 0.59	— 2.2	+ 8.9	741	— 25	440	940	...	..	N. 1	3.7	0.62	6.1	5.1	— 0.7	80.5
11	734.67	+ 9.42	733.70	735.67	+ 4.47	+ 0.33	— 0.4	+ 8.2	709	— 55	520	890	0,2	..	calme	1.9	0.98	...	...	.....	78.1
12	733.63	+ 8.43	732.65	734.08	+ 7.71	+ 3,45	+ 3.9	+ 12,8	714	— 47	550	920	...	..	var.	3.3	0,90	...	6.0	+ 0.1	76.0
13	733,03	+ 7,88	731.45	734.42	+ 6.64	+ 2.26	+ 1,7	+ 11,8	702	— 57	570	890	...	..	NNE. 2	8.3	0.82	2.6	6.2	+ 0.2	77.5
14	733.33	+ 8.23	732.24	734.50	+ 2,68	— 1.83	0.0	+ 5.7	621	— 135	480	750	...	..	NNE. 3	31.3	0.12	9.6	5.5	— 0.5	73.5
15	730.98	+ 5.93	726.71	734.42	+ 2.16	— 2,47	— 3.1	+ 6,6	663	— 91	430	900	...	..	var.	6.9	0,27	9.2	5.5	— 0.6	75.5
16	721,13	— 3.88	716,22	726.42	+ 3.57	— 1,18	— 3,1	+ 10.8	645	— 106	410	880	...	..	var.	7.3	0.10	8.5	5.7	— 0.5	72.2
17	713.06	— 11.90	711.29	715.82	+ 4.99	+ 0.11	+ 1.4	+ 8.9	654	— 95	470	770	...	..	SSW. 1	8.3	1.00	...	6.0	— 0.2	72.5
18	717.01	— 7.91	712.18	720.67	+ 2.06	— 2.94	— 2,9	+ 5.4	610	— 137	490	720	0.1	..	var.	8.3	0.53	3.3	...	.....	71.0
19	718.56	— 6.32	716.84	720.46	+ 0.54	— 4.59	— 6.2	+ 6.0	679	— 65	380	950	...	..	N. 1	3.3	0.75	2.4	5.8	— 0.5	69.0
20	719.63	— 5.21	717.28	721.26	+ 1.85	— 3.41	— 1.6	+ 5.2	840	+ 98	660	960	15.6	12	var.	2.1	1.00	...	5.8	— 0.6	70.0
21	716.29	— 8.52	710.86	720.35	+ 5.78	+ 0.40	+ 1,7	+ 11,3	825	+ 85	640	950	0.1	..	var.	2.5	0.98	3.4	5.8	— 0.7	67.5
22	714.79	— 9.98	710.46	717.50	+ 4,22	— 1.29	+ 2.4	+ 7.9	846	+ 108	750	930	3.1	6	var.	13.6	0.98	1.1	5.9	— 0.6	70.0
23	717.68	— 7.06	717.02	717.96	+ 5.60	— 0.04	+ 2.3	+ 9.5	766	+ 31	640	940	1.2	1	SSW. 1	10.5	0.90	3.8	6.0	— 0,6	69.0
24	717,21	— 7.50	716.42	717.95	+ 5.45	— 0.32	+ 3.0	+ 8.5	781	+ 48	660	870	3,8	4	SSW. 1	8.3	1.00	0.2	6.0	— 0.7	67.0
25	717.54	— 7.14	716.81	718.05	+ 3,44	— 2.46	+ 1.8	+ 6.1	731	0	600	830	0.0	..	SSW. 1	6.2	1.00	...	...	.....	66.5
26	718.47	— 6.18	717,56	719.59	+ 1.94	— 4,09	— 1.0	+ 5.1	727	— 2	490	960	...	..	SSW. 1	12.5	0.67	5.8	6.0	— 0.8	71.0
27	717,83	— 6.80	716,35	719.30	+ 0.63	— 5.54	— 2,0	+ 5.0	799	+ 72	530	1000	13.9	8	N. 1	3.8	1.00	...	6.0	— 0.9	68.0
28	718.13	— 6.47	717.47	718.90	+ 1.37	— 4.93	— 1.0	+ 5.0	869	+ 144	700	1000	2.2	3	var.	3.1	0.85	0.8	5.8	— 1.2	68.5
29	718.57	— 6.01	717.02	720.79	+ 1.81	— 4.62	— 2.0	+ 5.5	793	+ 70	490	980	0.0	..	NNE. 1	13.6	0.80	5,2	5.9	— 1.1	70.0
30	721.72	— 2.84	720.39	723.80	+ 2.19	— 4.37	+ 0.2	+ 4.7	718	— 3	480	840	0.0	..	NN . 4	35.0	0.87	...	5.8	— 1,3	69.5
31	725.51	+ 0.96	723,80	727.64	+ 1.15	— 5,55	— 1.0	+ 3,6	706	— 13	570	850	...	..	NNE. 4	55.0	0.78	5.6	5.6	— 1.6	71.0
Mois	723.78	— 1,25			+ 2.04	— 2.56			740	— 14						11.86	0.67		5.45	— 0.67	72.7

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,02	727,76	727,76	727,84	727,43	727,22	728,12	728,59
2e »	726,15	725,74	726,15	726,22	725,31	724,63	724,83	724,99
3e »	718,09	718,03	718,65	718,86	718,61	718,27	718,68	718,98
Mois	723,89	723,66	724,01	724,13	723,61	723,21	723,71	724,02

Température.

	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	— 2,35	— 3,28	— 3,71	0,00	+ 2,17	+ 2,44	+ 0,48	— 1,48
2e »	+ 1,79	+ 0,39	+ 0,41	+ 4,23	+ 6,64	+ 7,18	+ 5,27	+ 3,43
3e »	+ 1,96	+ 1,72	+ 1,62	+ 3,71	+ 4,96	+ 4,93	+ 3,17	+ 2,35
Mois	+ 0,52	— 0,32	— 0,49	+ 2,68	+ 4,60	+ 4,85	+ 2,98	+ 1,46

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	793	814	822	719	661	677	758	801
2e »	756	788	814	715	555	530	607	704
3e »	870	863	846	764	641	657	772	814
Mois	808	823	828	734	620	623	714	774

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	— 5,34	+ 3,78	4,66	0,44	59,5	12,26	0,2	89,34
2e »	— 1,01	+ 8,14	5,81	0,65	35,6	8,10	15,9	72,47
3e »	+ 0,40	+ 6,56	5,88	0,89	25,6	14,92	24,3	69,38
Mois	— 1,91	+ 6,17	5,45	0,67	120,7	11,86	40,4	76,81

Dans ce mois l'air a été calme 26,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 3,5 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 16°,3 E. et son intensité est égale à 66,8 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD
pendant
LE MOIS DE MARS 1900.

Le 1er, forte bise depuis 10 h. du matin; brouillard à 10 h. du matin et à 7 h. du soir; neige à 4 h. et à 10 h. du soir.

2, forte bise à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

3, très forte bise pendant tout le jour.

4, forte bise pendant tout le jour; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; neige à 1 h. du soir.

9, fort vent à 10 h. du soir.

10, fort vent pendant tout le jour; brouillard à 10 h. du matin.

11, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin.

12, neige à 7 h. du matin.

13, forte bise depuis 1 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; neige à 1 h. et à 4 h. du soir.

14, très forte bise pendant tout le jour; brouillard à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

15, forte bise jusqu'à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.

17, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir; brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; neige à 1 h. et à 4 h. du soir.

18, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir et à 10 h. du soir; neige jusqu'à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.

19, très fort vent depuis 7 h. du soir.

20, très fort vent jusqu'à 7 h. du soir; très forte bise à 10 h. du soir; neige à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; brouillard de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.

21, très fort vent jusqu'à 7 h. du soir; très forte bise à 10 h. du soir; brouillard jusqu'à 4 h. du soir; neige depuis 7 h. du soir.

22, très fort vent jusqu'à 10 h. du matin; neige jusqu'à 1 h. du soir et à 10 h. du soir.

23, brouillard à 10 h. du soir.

25, neige à 4 h. du soir; brouillard depuis 7 h. du soir.

26, neige à 7 h. du matin.

27, fort vent depuis 1 h. du soir; neige depuis 4 h. du soir.

28, neige à 7 h. du matin et à 10 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.

29, forte bise depuis 1 h. du soir; brouillard à 10 h. du matin et à 10 h. du soir.

30, forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du soir.

31, forte bise jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à minuit	559,00	Le 1er à 11 h. soir	554,90
2 à minuit	554,40	5 à 4 h matin	549,50
10 à 10 h. soir	570,02	11 à 4 h. soir	569,14
18 à 11 h. soir	553,60	18 à 4 h. matin	548,20
21 à minuit	559,40	20 à 4 h. matin	555,40
28 à 10 h matin	551,98	22 à 10 h. matin	550,98
31 à 11 h. soir	558,80	31 à minuit	554,00

SAINT-BERNARD. — MARS 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	cm.	mm.				
1	557.24	— 2.45	554.90	559 00	—10.21	— 1.98	—13,8	— 7,8	9,0	8,5	....	NE.	2	0.70
2	553.83	— 5.85	553 30	554,40	—17,92	— 9.75	—20,8	— 8,3	1,0	0,5	....	NE.	2	0.57
3	556.18	— 3,50	554.80	556 80	—16 59	— 8,48	—22 8	—13.7	2,0	1,1	....	NE.	2	0.60
4	551,31	— 8,36	549,50	555,30	—17.89	— 9.84	—23.3	—14.3	5,0	3,7	....	NE.	2	0.98
5	552.50	— 7,17	549.50	556,20	—15,57	— 7.58	—26.4	— 8 3	.....	.....	....	var.		0.12
6	558.62	— 1,04	556,70	560.40	—10 37	— 2,45	—19,0	— 5,8	.....	.....	....	SW.	1	0 00
7	560 04	+ 0.38	559,68	560,70	—10.31	— 2.46	—11,0	— 8,5	.....	.....	....	NE.	1	0.03
8	562.22	+ 2,56	561,00	564.00	— 6.01	+ 1.77	— 9,4	— 2,9	.....	.....	....	NE.	1	0 07
9	566 35	+ 6,68	564,00	568 30	— 8.79	— 1,08	—10,8	— 2,8	.....	.....	....	SW.	1	0 08
10	569.22	+ 9,55	568 00	570 02	—10.16	— 2,52	—13,5	— 2 8	.....	.....	....	SW.	2	0.60
11	569,34	+ 9,66	569.14	569.90	— 8,61	— 1.05	—10,3	— 5,1	8,0	7,2	....	SW.	2	0.42
12	568.89	+ 9.20	568.54	569.90	— 4.77	+ 2.71	— 9.3	— 0.1	9,0	7,0	....	SW.	1	0.30
13	566,21	+ 6 51	563,40	568 50	— 6.37	+ 1 03	— 8.8	— 4,5	.....	.....	....	NE.	2	0 88
14	562 07	+ 2.36	561.20	562,94	-13.84	- 6,52	—17,1	— 7,3	.....	.....	....	NE.	3	0.65
15	562.09	+ 2.36	560.40	562 80	— 9.61	— 2 38	—17,8	— 5,7	.....	.....	....	NE.	2	0 05
16	556.98	— 2 77	554.77	560.40	— 4.74	+ 2.40	—13,8	+ 1.7	.....	.....	....	SW.	1	0 03
17	551 05	— 8,72	549 10	554 70	— 8,87	— 1,82	—10.3	— 5.3	13,0	9,6	....	SW.	2	1.00
18	550 09	— 9.70	548 20	553.60	—14.27	— 7.31	—17.8	— 7,5	3,0	2,0	....	NE.	2	0.68
19	554 82	— 5,00	553.90	556.20	— 8.21	— 1.34	—17.3	— 2,9	7,0	6,0	....	SW.	1	0 08
20	556 83	— 3,02	555.40	558,60	— 7,61	— 0.84	—10.6	— 6.3	12,0	11,0	....	SW.	3	1.00
21	557 67	— 2,21	554,60	559,40	— 6 64	— 0 03	— 7.8	— 4,5	26,0	24,5	....	SW.	3	1 00
22	552 56	— 6,35	550,98	554 50	— 7.34	— 0 77	—10,6	— 4.3	12,0	11,5	....	SW.	1	0.70
23	553 90	— 6 04	553 79	554 09	— 8,06	— 2 59	—12,0	— 3,3	.....	.....	....	SW.	1	0.38
24	553 39	— 6 59	553 01	554,00	— 7.52	— 1,15	—11,3	— 2,5	.....	.....	....	SW.	1	0.57
25	552.17	— 7 85	551.62	553.40	— 9,21	— 2,95	—11,8	— 5.3	1,0	3,5	....	NE.	1	0.63
26	551 88	— 8.18	551,25	552 52	—10.14	— 3.98	—13,6	— 5 3	.....	.....	....	SW.	1	0 20
27	553,08	— 7.02	552 24	553.40	— 9.71	— 3,66	—12.8	— 5,5	10,0	8,0	....	SW.	2	0.82
28	551.78	— 8 37	551.50	551.98	—10 54	— 4.60	—13 3	— 3.8	....	.....	....	NE.	1	0.75
29	551 24	— 8.96	550 56	552 65	—13 01	— 7.18	—16 3	— 3.3	3,8	3,5	....	NE.	2	0.55
30	552 92	— 7 33	552 37	553.80	—13,69	— 7.97	—15 3	—10.2	5,5	3,5	....	NE.	2	0.63
31	556.05	— 4 25	554 00	558 80	—13.92	— 8.32	—17,3	—11.2	.....	.....	....	NE.	2	0 47
Mois	557 18	— 2.53			—10.34	3.02								0.50

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MARS 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	558,32	558,13	558,27	558,74	558,77	558,93	559,37	559,48
2e » ...	560,69	559,99	559,72	559,74	559,65	559,40	559,76	559,74
3e » ...	553,62	553,10	552,96	553,20	553,29	553,20	553,57	553,70
Mois	557,42	556,95	556,86	557,09	557,11	557,05	557,44	557,52

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 13,37	— 11,35	— 10,03	— 10,14	— 12,71	— 13,48
2e » ...	— 9,01	— 7,92	— 6,40	— 7,05	— 9,02	— 9,53
3e » ...	— 10,65	— 8,93	— 7,55	— 8,14	— 10,42	— 10,99
Mois	— 11,00	— 9,38	— 7,98	— 8,43	— 10,71	— 11,32

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 17,08	— 7,52	0,37	13,8	17,0
2e » ...	— 13,31	— 4,30	0,51	42,8	52,0
3e » ...	— 12,92	— 5,38	0,61	54,5	61,3
Mois	— 14,39	— 5,72	0,50	111,1	130,3

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,36 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 24,2 sur 100.

SUR L'AUTO-DÉCOHÉRATION DU CHARBON

ET SUR

l'application de cette découverte aux appareils téléphoniques

POUR

RECEVOIR LES SIGNAUX DE LA TÉLÉGRAPHIE SANS FILS [1]

PAR

Thomas TOMMASINA

(Avec la planche III.)

Communiqué à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève dans sa séance du 5 avril 1900.

Dans ma Note à l'Académie des Sciences du 13 mars 1899 [2], j'avais décrit un cohéreur très sensible à charbon pouvant perdre par la seule interruption du courant, sans aucun choc, la conductibilité acquise, par l'action des ondes sur son circuit. C'était la production de chaînes de grains de charbon qui m'avait conduit à ce résultat.

Des expériences nouvelles que je viens de faire dans ce champ m'ont permis de constater un fait, qui, à ma

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris*, séance du 2 avril 1900.

[2] *Archives des Sc. Phys. et Nat.*, t. VII, mai 1899.

connaissance, n'a pas encore été signalé. C'est l'auto-décohération d'une certaine poudre de charbon. J'entends par auto-décohération, la disparition immédiate de l'adhérence des grains après l'action de chaque onde hertzienne, sans l'intervention d'aucune action, même électrique, comme était celle d'interrompre le courant.

La poudre de charbon dont je me suis servi est celle des microphones des stations téléphoniques suisses. J'en avais introduit une très petite pincée entre deux charbons cylindriques de 5^{mm} de diamètre, qui entraient à frottement doux dans un tube de verre. On pouvait ainsi aisément serrer plus ou moins la poudre entre les charbons, dont les extrémités avaient été coupées et polies.

Après de nombreux essais j'ai pu obtenir la décohération automatique, mais très irrégulièrement, car bien souvent il fallait recourir au choc ou à l'interruption du courant. Présumant que l'inertie du relais pouvait être la cause de cette marche irrégulière, et d'autre part pensant que, si j'arrivais à obtenir une décohération automatique, le relais et la deuxième batterie devenaient absolument inutiles, je les ai ôtés. A leur place, j'ai simplement intercalé dans le circuit du cohéreur, un récepteur téléphonique. Le résultat de ce changement fut très bon, mais il y avait encore des cohérations durant quelques secondes ou fractions de seconde qui disparaissaient toujours sans choc.

J'ai eu alors l'idée de construire un cohéreur de forme spéciale, pouvant être placé dans l'étui même du téléphone. J'ai découpé dans une feuille d'ébonite de $2^{mm},5$ d'épaisseur, un rectangle de 12^{mm} sur 15^{mm}, j'ai percé un trou central bien net de 2^{mm} de diamètre, et fait à la lime une entaille au milieu de chaque face de

l'ébonite parallèlement au plus long côté du rectangle. Un fil de maillechort de $0^{mm},2$ d'épaisseur recouvert de soie, a été passé dans l'ouverture et dans les entailles et serré en boucle; un second fil identique a été fixé de même en face du premier. Les deux fils avaient été mis à nu et polis préalablement, mais seulement dans la partie passant dans le trou. Celui-ci fut fermé d'un côté par une lamelle de mica bien mastiquée sur l'ébonite, et ensuite rempli presque entièrement par de la poudre de charbon bien desséchée. Une deuxième lame de mica fut appliquée de même sur l'autre face de l'appareil, formant ainsi un cohéreur dont les électrodes étaient constituées simplement par les deux fils de maillechort en contact avec la poudre à une distance de 1^{mm} environ l'un de l'autre.

J'ai dévissé le couvercle du récepteur téléphonique, coupé le fil de l'électro-aimant intérieur et intercalé le cohéreur, le plaçant de façon à ce qu'il ne touchât pas la lame vibrante.

Lors des essais, il a marché à la perfection avec un seul élément de pile et il s'est trouvé d'une sensibilité égale si non supérieure aux meilleurs récepteurs à limailles [1]. La cavité du cohéreur étant, comme j'ai dit, presque remplie de poudre de charbon, ce récepteur agit également bien dans toutes les positions [2]. On entend un choc très net à chacune des étincelles de l'oscillateur quelle qu'en soit d'ailleurs la rapidité, en appliquant l'oreille au téléphone ainsi modifié.

[1] Dans les cohéreurs à charbon comme dans ceux à limaille métallique, la sensibilité croît inversement à la grosseur des grains et à leur nombre. (Note à l'Ac.).

[2] Voir la photographie, fig. 5, et la coupe schématique, fig. 6.

La poudre de charbon remplaçant la limaille métallique, outre l'avantage incontestable de l'auto-décohération, donne au cohéreur une inaltérabilité qui lui assure un fonctionnement régulier, même avec un courant assez énergique, comme celui de trois accumulateurs en tension. J'espère pouvoir ainsi faire enregistrer les signaux par un appareil Morse inséré dans le circuit même du cohéreur, procédé qui résoudrait le problème de la transmission rapide des signaux par ondes hertziennes.

En plus de cette application d'une utilité pratique indéniable, je pense que l'auto-décohération du charbon confirme les conclusions sur le phénomène des cohéreurs, que j'ai eu l'honneur de communiquer l'an dernier à l'Académie des Sciences de Paris [1].

Genève, Laborat. de physique de l'Univ., mars 1900.

[1] *Archives des Sc. Phys. et Nat.*, t. VIII, août 1899.

RECHERCHES

SUR LA

THERMO-ÉLECTRICITÉ

DE QUELQUES ALLIAGES

PAR

Émile STEINMANN

(Avec les planches IV et V.)

---

§ 1. Introduction.

Revue des travaux sur la thermo-électricité des alliages et des amalgames.

Dans son premier mémoire, *Seebeck*[1], établissant la position des différents métaux dans la série thermo-électrique, avait déjà étendu ses recherches à divers alliages, et cherché une relation entre leur composition chimique et leur position dans la série ; il avait aussi étudié les amalgames. Les résultats généraux de cette étude consistent en remarques que ceux qui ont suivi *Seebeck* dans cette voie n'ont pu que confirmer, sans en trouver une explication suffisante :

1. Les divers alliages de deux métaux ne se placent pas toujours entre leurs composants dans la série thermo-électrique.

[1] *Abhandl. der Akad. der Wissensch. zu Berlin*, 1822-23, p. 265.

2. Certains métaux ont, même à très faible dose, la propriété de rapprocher d'eux au point de vue thermo-électrique les alliages dans lesquels ils entrent.

3. L'état physique d'un corps, le degré de recuit, de trempe, d'écrouissage, etc. ont une grande influence sur sa position dans la série thermo-électrique.

Les recherches qui furent faites dans les années suivantes, — celles de *Becquerel*[1], *Matteucci*[2], *Magnus*[3], entre autres — se bornèrent à étudier le phénomène thermo-électrique dans tous ses détails. Ce n'est qu'en 1851 que *Rollmann*[4] reprit la question des alliages binaires formés par le bismuth, le zinc, l'étain, le plomb, l'antimoine ; il confirma les conclusions de *Seebeck*. Mais il se borna à des essais qualitatifs, sans faire de mesures des forces électro-motrices ou des températures. En 1858, *Matthiesen*[5] fit les premiers essais avec des métaux *purs* ; ce travail important mentionne en outre trois alliages, un maillechort, un bismuth-étain, un antimoine-zinc (températures extrêmes + 40° et + 50°). En 1866 *Becquerel*[6] reprend les recherches sur les alliages ; il retrouve et complète les résultats de *Seebeck* ; il dit entre autres que les substances voisines dans l'échelle thermo-électrique donnent des alliages dont les pouvoirs thermo-électriques sont peu différents de ceux des composants ; si les composants occupent au contraire des positions éloignées ou opposées dans la série thermo-

[1] *Ann. de Chimie et Phys.* **31**, p. 371 (1826).
[2] *Pogg. Ann.* **44**, p. 629 (1838).
[3] *Pogg. Ann.* **83**, p. 469 (1851).
[4] *Pogg. Ann.* **83**, p. 77, **84**, p. 275, **89**, p. 90 (1851-1853).
[5] *Pogg. Ann.* **103**, p. 412 (1858).
[6] *Ann. Chimie et Phys.* (4) **8**, p. 389-436 (1866).

électrique, les alliages ont une forte différence avec les métaux composants. Les alliages binaires étudiés sont ceux que forment Sb, Cd, Zn, Fe, Bi, Se, As, Pb, Cu. Pour évaluer les f. é. m. il compare le courant donné par le couple formé par un alliage avec le cuivre (les soudures étant à 0° et à 100°) à celui que fournit une pile *Daniell.* Il donne un diagramme intéressant, reproduit schématiquement pl. IV, fig. 6 ; les abscisses sont les rapports en poids des deux composants ; les ordonnées, les f. é. m. observées ; le maximum de f. é. m. se trouve dans l'alliage à équivalents égaux. *Tidblom*[1] a étudié les alliages Sn Zn, Sn Pb, Pb Zn *fondus* ; il a donné une formule pour l'intensité du courant observé, mais n'a pas indiqué la f. é. m.

Naccari et *Bellati*[2] ont étudié par la méthode de compensation cinq alliages de Pb Sb, et cinq de Sn Sb, en proportions variées, entre 288° et 517° comme températures extrêmes. Il ne m'a pas été possible de compulser le mémoire original, et j'ignore leurs conclusions.

En 1878 *Knott* et *Mac-Gregor*[3], reprenant et continuant le diagramme th.-él. de Tait[4], ont soumis à leurs recherches divers métaux et des alliages de Pt avec 6 %, 10 %, 15 % et 20 % d'iridium ainsi que les alliages d'Ag avec 20 % et 25 % de Pt, etc.

Ici se placent plusieurs travaux importants, qui sans se rapporter directement à notre sujet, n'en sont pas moins intéressants par leur tendance à chercher une relation entre la thermo-électricité et les autres constantes

[1] *Acta universitatis Lundensis* X (1873) et *Beiblätter* (1877).
[2] *Elettricista* **1**, p. 329 et p. 362 (1877) et *Beiblätter* **2**, p. 102.
[3] *Trans. Roy. Soc. Edinburgh*, XXVIII, p. 321 (1878).
[4] *Ibid.*, XXVII, p. 125 (1872-73).

physiques d'un même corps. Citons *Strouhal* et *Barus*[1], qui portent leurs recherches sur les aciers et déterminent la relation entre la dureté, la résistance électrique et la th.-él., *Kalischer*[2], qui s'occupe des métaux purs dans un but analogue, *Shelford Bidwell*[3], qui relie la chaleur spécifique, la résistance électrique et le coefficient de dilatation à l'effet *Thomson* et enfin *C.-L. Weber*[4], qui a étudié simultanément la résistance et la th.-él. des amalgames. Un des résultats de ce dernier travail, confirmant ceux déjà obtenus par *Regnault*[5], *Matthiesen* et *Vogt*[6], *E. Wiedemann*[7] dans leurs recherches sur d'autres constantes physiques, est que les amalgames *concentrés* ne sont pas homogènes, mais doivent être un *mélange* de plusieurs composés stables. Cela expliquerait les discontinuités qui se montrent dans la série des amalgames, chaque composé stable faisant pour ainsi dire l'office d'un nouveau métal.

Batelli[8] a étudié les couples formés avec le maillechort par treize alliages Sb-Bt, 14 Cd-Sn, 11 Sn-Pb, 5 Sb-Cd et 7 Sb-Pb et a déterminé leur f. é. m. ; il mesurait l'intensité du courant et la résistance du circuit et en déduisait E.

Dans un second travail[9], plus considérable encore, il a étudié soixante-quinze alliages binaires répartis en quinze

[1] *Wied. Ann.*, **11**, p. 930 (1880).
[2] *Carl's Repert.*, **18**, p. 292 (1882).
[3] *Proc. Roy. Soc. London*, **37**, p. 25 (1884).
[4] *Wied. Ann.*, **23**, p. 447 (1884).
[5] *Pogg. Ann.*, **53**, p. 243 (1841).
[6] *Pogg. Ann.*, **116**, p. 369 (1862).
[7] *Wied. Ann.*, **3**, p. 327 (1878).
[8] *Mem. di Torino* (2), **36**, p. 487 (1884).
[9] *Atti Istituto Veneto* (6), **5**, p. 1137 (1886-87).

groupes (métaux composants Sb, Bi, Pb, Sn, Cd, Zn, Cu, Al, Fe, Ni, Ag, Na); il a employé la même méthode et conclut par l'observation de *Seebeck* que les f. é. m. th.-él. ne se distribuent pas d'après la composition chimique, mais se rapprochent de celle d'un des composants ou même la dépassent.

Deux autres communications du même auteur[1] ont trait à l'étude qu'il a faite de la th.-él. des amalgames liquides de Zn, Sn, Pb, Cd, Bi, Cu, Na accouplés au cuivre. Il arrive aux mêmes conclusions quant à la place des courbes de f. é. m.

Braun[2] a étudié entre 20° et 530° la th.-él. de couples formés avec le mercure par des métaux purs fondus ainsi que ceux formés par quelques alliages fondus.

Ce travail, fait par la méthode de compensation, et où toutes les précautions possibles ont été prises pour la mesure exacte des températures, des f. é. m. (à 1/2 microvolt près) et la détermination des causes d'erreur, démontre que la courbe de *Gaugain* (ayant pour abscisses les températures et pour ordonnées les f. é. m. th.-él., n'est pas une hyperbole[3], ni une parabole[4], mais bien une courbe du troisième degré au moins. L'alliage (3 éq. Hg-1 éq. Bi-1 éq.. Pb) donne la courbe représentée pl. IV, fig. 7, analogue à celle que *Tait*[5] a trouvée pour divers couples FePt.

Le Châtelier[6], étudiant les couples th.-él. pour la me-

[1] *Atti della R. Acc. Lincei* (4), *(Rendiconti)*, **3**, p. 6-10, p. 37-44 (1887).

[2] *Berichte der Berliner Academie*, **18**, p. 289 (1885).

[3] Gaugain, *Ann. Chim. et Phys.* (3), **65**, p. 1 (1862).

[4] Avenarius, *Pogg. Ann.*, **119**, p. 406 (1863).

[5] *Proceed. Roy. Soc. Edinb.*, **7**, p. 773 (1872) et p. 1271 (1887-88).

[6] *C. R.*, **102**, p. 819 (1886) et *Journal de Physique* (2), **6**, (1887).

sure des hautes températures, remarque que le degré de recuit modifie la f. é. m. th.-él. de l'alliage Pt 20 % Ir dans le rapport 11 : 13 : 12,4.

Bottomley et *Tanakadaté*[1] ont étudié entre 0° et 245° la th.-él. de l'alliage connu sous le nom de *platinoïde*, en formant des couples avec Al, Cu, Fe et Pt. Ils constatent que leurs échantillons donnent des résultats différents de ceux de *Tait*, une fois rapportés au plomb, et que les différences sont mêmes très fortes pour le platine.

Chassagny et *Abraham*[2] ont vérifié les lois expérimentales de la th.-él., dûes à *Becquerel*. Quoique leur travail ne se soit pas occupé spécialement des alliages, nous le citons ici comme un modèle de recherches de précision dans la th.-él.

En particulier, ils déterminent soigneusement les f. é. m. *parasites* dûes aux contacts à différentes températures qu'on ne peut complétement éviter.

Holborn et *Wien*[3] étudient la marche du couple formé de platine et de platine rhodié dans le but de trouver l'élément le plus propre à la mesure des températures élevées. Les différents alliages essayés avaient les pourcentages suivants de rhodium : 9 %, 10 % A, 10 % B, 10 % C, 11 %, 20 %, 30 %, 40 %. En outre, ils ont étudié le couple Pt pur — Rh pur. Les résultats principaux de leurs recherches sont : 1° la température de la soudure chaude du couple type Pt-Pt Rh 10 % A est une fonction du 3e degré de la f. é m.

$$t = 13,76\, e - 4841.10^{-5}\, e^2 + 1378.10^{-9}\, e^3.$$

[1] *Phil. Mag.*, (5), **28**, p. 163 (1889).

[2] *Ann. Phys. et Chim.* (6), **27**, p. 355 (1892).

[3] *Wied. Ann.*, **47**, p. 107 (1892).

2° *Au-dessus de 500°* les courbes de f. é. m. (Pl. IV, fig. 8) sont superposées dans l'ordre des °/₀ de rhodium, entre la coube du Rh pur et celle du Pt pur.

3° *Au-dessous de 500°*, au contraire, les courbes de f. é. m. *se croisent* au lieu de se superposer (même fig.). On a porté en ordonnées, non les f. é. m., mais leurs différences avec les f é. m. de l'élément-type Pt-Pt Rh 10 °/₀ A.

4° Les platines rhodiés à 10 °/₀, A, B, C, ont entre eux, aux basses températures surtout, une différence de f. é. m. égale ou même supérieure à celle que présentent des alliages à haut pourcentage de rhodium, et cela uniquement parce qu'ils proviennent de livraisons différentes de la maison *Heraeus*.

Barus[1] a étudié de 300° à 1700° le couple Pt contre Pt-Iridium à 20 °/₀ environ et Pt contre Pt Rhodium à 10 °/₀.

English[2], s'inspirant des travaux de *Raoult* et de *Kohlrausch* sur la cryoscopie et les solutions très diluées, a étudié comme *C.-L. Weber*[3] les amalgames et les alliages à base de P*b*, et contenant un ou deux atomes °/₀ d'un autre métal. Les températures ont oscillé entre + 20° et + 200°.

Les résultats de cet intéressant travail sont résumés en graphiques.

1° Plusieurs graphiques donnent les f. é. m. des divers couples formés par le Hg et les amalgames à un atome de Bi, Sb, Zn, Cd, Tl, Sn et celle des alliages à deux atomes des mêmes métaux contre 100 de Pb.

2° D'autres graphiques donnent les f. é. m. des amal-

[1] *Phil., Mag.*, (5), **34**, p. 1 (1892).
[2] *Wied. Ann.*, **50**, p. 88 (1893).
[3] Loc. cit.

games contenant 1, 2, 3, 4..... jusqu'à 48 atomes de Pb ou de Tl. contre 100 de Hg, ainsi que le diag. de *Becquerel* (abscisses les atomes de Pb ou de Tl de l'amalgame, ordonnées les f. é. m.) pour ces corps.

L'inspection de ces graphiques montre que :

a) par un phénomène analogue à celui de la résistance d'une solution très diluée, la f. é. m. des divers amalgames d'un même métal est approximativement proportionnelle au nombre d'atomes de ce métal ; mais cette proportionnalité s'arrête très vite, à trois ou quatre atomes pour cent.

b) La courbe des f. é. m. est une fonction du 3me degré au moins de la température.

English [1] a encore déterminé les f. é. m. entre 0° et 100° de toute la série des alliages Ni-Cu étudiés par *Feussner* [2] dans le but de trouver un alliage à coefficient de température négligeable. Nous reproduisons approximativement (Pl. IV, fig. 9) le dessin d'*English*. On voit que les courbes de f. é. m. ne suivent pas du tout le pourcentage en N*i* des alliages et que même certaines courbes croisent les autres. On verra plus loin que ce phénomène se reproduit avec les aciers au nickel.

Victor Fuchs [3] a repris cette même recherche sur les alliages Ni-Cu en se servant de fils fournis comme ceux de *Feussner* par *Basse* et *Selve*, d'*Altena*. Ses résultats concordent, en sens tout au moins, avec ceux d'*English*.

Peirce [4] a fait entre 0° et 100° la même recherche sur

[1] *Wied., Ann.*, **50**, p. 78 (1893).

[2] *Verh. der Phys. Ges. zu Berlin* (Séance du 12 juin 1891).

[3] Ueber das th.-el. Verhalten der N*i*-C*u* Legierungen, Graz (1893), 32 pp. et *Beiblätter* **18**, p. 125.

[4] *Am. Journ. of Science* (3), **48**, p. 226 (1894).

les cuivres marchands américains et sur les platinoïdes et la *manganine*.

M. *Kleiner*, dans un travail dont il n'a publié que les résultats généraux dans une courte notice[1], a étudié entre 0° et 330° une série de trente-six couples, formés par deux métaux (sept couples) deux alliages (huit couples) un métal et un alliage (vingt et un couples). Les alliages sur lesquels ont porté ses recherches sont le *constantan*, le maillechort, le laiton, le *thermotan* et la *manganine*.

Je saisis avec empressement l'occasion de remercier ici M. *Kleiner*, qui a bien voulu mettre à ma disposition, avec une parfaite obligeance, le tableau des courbes de f. é. m. qu'il a dressé.

*
* *

Dans ces dernières années, il faut signaler, quoique ne se rapportant pas directement à la question de la th. él. des alliages, les travaux importants entrepris par *Noll*[2], *Huey Steele*[3], *Dewar* et *Fleming*[4] pour déterminer la th. él. des métaux *purs*. A de rares exceptions près, la température de la soudure chaude n'a pas dépassé + 100°. Il est à noter que les résultats trouvés par ces chercheurs diffèrent parfois notablement, et quelquefois de plus de vingt microvolts, malgré le soin apporté aux mesures et la précision intrinsèque de la méthode de recherches ; à remarquer aussi l'observation de *Dewar* et *Fleming* que les courbes obtenues ne sont pas des para-

[1] *Verh. der Schweiz naturforsch. Gesellsch.*, p. 60 (1894) et *Arch. des Sciences phys. et nat.* (3), **32**, p. 280 (1894).

[2] *Wied. Ann.*, **53**, p. 874 (1894).

[3] *Phil. Mag.* (5), **37** (1894).

[4] *Phil. Mag.* (5), **40**, p. 95 (1895).

boles vraies. Les quelques alliages étudiés par ces auteurs sont le laiton, le maillechort, la *manganine*, mais pas plus que les chercheurs précédents ils ne semblent se préoccuper de la composition chimique exacte des alliages observés.

* * *

Il ne me paraît pas que cette longue énumération des travaux faits sur la question des alliages soit superflue : elle démontre surabondamment que nos connaissances sur ce point spécial sont encore vagues et souvent contradictoires, et que ce n'est que par des recherches de précision accompagnées chaque fois de l'analyse chimique et même de l'étude microscopique des coupes [1] que l'on arrivera à jeter quelque clarté sur la question. Il est plus que probable aussi que la connaissance plus complète des combinaisons stables que peuvent former deux métaux éclaircira bien des discontinuités dans les résultats publiés.

Dans le travail que je présente ici, j'ai porté mon attention particulièrement sur les points suivants :

1° Se procurer au lieu d'alliages isolés des *séries* composées d'échantillons différents au point de vue de la composition centésimale, mais aussi identiques que possible, *a*) au point de vue de la pureté des composants, *b*) au point de vue des manipulations subies, fusion, laminage, étirage et recuit. Pour cela, je me suis adressé à des fabriques renommées faisant en grand la fabrication des alliages, et j'ai pris les qualités courantes. J'espère

[1] Voir sur ce dernier point les études publiées par MM. Charpy, Osmond, etc., dans le *Bulletin de la Société pour l'encouragement de l'Industrie en France*, de 1894 à 1899, et le *Rapport du Directeur de la Monnaie au Ministre des Finances* (1898).

avoir obtenu ainsi le maximum de sécurité, quant à l'uniformité de manipulation et de qualité des composants.

2° Déterminer par des points aussi nombreux que possible la forme de la courbe de la f. é. m. th.-él. et dépasser en tout cas 100°.

3° Tenir compte dans chaque mesure des f. é. m. *parasites* qui se produisent toujours dans un circuit composé de plusieurs conducteurs différents, et dont la valeur est dans quelques cas comparable à la f. é. m. qu'il s'agit de mesurer.

* * *

Je dois ajouter ici que les analyses indiquées pour chaque alliage ont été faites au laboratoire de Chimie de l'Université sous la direction de M. le Prof. Duparc et de son assistant M. le Dr Pearce. Qu'il me soit permis de leur adresser ici mes remerciements.

§ 2. Description de la méthode et disposition des expériences.

J'ai suivi comme dans la plupart des travaux sur la thermo-électricité la méthode de compensation de *Poggendorff*, modifiée par *Du Bois-Reymond* (planche IV, fig. 1).

Le circuit principal EKD comprend une pile constante E dont la f. é. m. est supérieure à celle qu'il s'agit de mesurer. Le courant est $I = \frac{E}{R}$.

Le circuit dérivé KGeD comprend outre la source e, un galvanomètre sensible G.

En déplaçant le curseur indiqué en D, on arrive à supprimer toute déviation au galvanomètre : la résistance

KD étant r, on a en appliquant la deuxième loi de *Kirchhoff* au circuit dérivé

$$e = Ir$$

En remplaçant e par une autre source de f. é. m. x, et en cherchant la position D' qui correspond à l'absence de déviation au galvanomètre, on a, en appelant r' la résistance KD',

$$x = Ir'$$

d'où enfin, si E et R n'ont pas varié pendant les deux mesures

$$\frac{e}{x} = \frac{r}{r'} \quad \text{et} \quad x = \frac{er'}{r}$$

*

* *

La figure 2, Pl. IV, donne le schéma du dispositif expérimental.

Description sommaire de l'installation.

Le circuit principal comprenait un accumulateur E, une boîte de résistance H, une série de 14 bobines en fil de constantan, un fil de constantan de 1 mètre de long tendu entre les points F et C au-dessus d'une règle divisée en 1000 parties, et les conducteurs très courts qui reliaient entre eux ces appareils. L'accumulateur pouvait être mis hors circuit en joignant les godets B et J par un fil en ⌐¬. Le circuit lui-même était coupé en enlevant la communication mobile qui joignait le godet B à un de ses voisins.

Le circuit dérivé se rattachait au circuit principal par le curseur D mobile sur le fil tendu FC et par un fil en ⌐¬ qui permettait de joindre le godet K à l'un des quinze godets marqués 0 à 14. Il comprenait entre K et

D un galvanomètre très sensible G et un interrupteur à ressort S. Par le jeu d'un cavalier pivotant dans les godets L et M on pouvait mettre en circuit soit un élément thermo-électrique x, soit un élément *Latimer Clark*.

En supprimant le cavalier et en joignant les godets L et M, on pouvait fermer le circuit dérivé sur lui-même, sans aucune source.

Avant de donner de plus amples détails sur les deux circuits, il faut dire que l'ensemble de ce montage, à l'exception des parties indiquées plus bas, avait pu trouver place sur une table de 40 cm. de hauteur appuyée contre un gros mur, dans l'embrasure d'une fenêtre ; la table était abritée par une large tablette horizontale placée à un mètre de hauteur et occupant toute la largeur de la fenêtre. Assis auprès de la table, l'expérimentateur pouvait sans se déplacer faire toutes les manipulations nécessaires à une mesure, tout en observant le galvanomètre.

Seules les parties L G K (galvanomètre avec ses deux fils de jonction) et Qx R (élément thermo-électrique avec ses deux fils de jonction) ne se trouvaient pas sur la table. Le montage de la pile th.-él., indiqué par la fig. 3 (Pl. IV), se trouvait sur une table à environ 4 m. de l'observateur.

Description détaillée de l'installation.

A) *Circuit principal* (Pl. IV, fig. 2).

E, Accumulateur ; n'a été changé que deux ou trois fois. H, Boîte de résistance de la maison Elliot faisant ballast et n'entrant pas dans le calcul.

Puis, communiquant entre elles par les godets à mer-

cure 0, 1, 2, — 14 et de courts conducteurs de cuivre de 3^{mm}, une série de quatorze bobines en fil de constantan de $0,1^{mm}$ de diamètre, les douze premières ayant une résistance d'environ 6,2 Ω chacune, la 13me valant environ 9550 Ω, la 14me 3150 Ω. L'accumulateur était donc toujours fermé sur un circuit de plus de 12700 Ω. Ces 14 bobines de très petite dimension étaient entourées d'ouate et renfermées dans une boîte d'où ne sortaient que les gros conducteurs allant aux godets. Le coefficient de température étant très faible, la constance de la résistance était assurée. Enfin venait un fil nu de constantan de $0,22^{mm}$ de diamètre, d'un mètre environ de longueur, tendu entre les deux points F et C. Ce fil avait une résistance de 9,570 Ω; il avait été soigneusement calibré d'après la méthode de *Strouhal* et *Barus*.

B) *Circuit dérivé* (Pl. IV, fig. 2).

D, curseur appuyé par son poids sur le fil tendu; S, interrupteur à ressort; L M N P Q R, godets à mercure, N*e*P circuit comprenant un élément étalon *Clark* entouré d'ouate et accompagné de son thermomètre pouvant donner le vingtième de degré; Q*x*R, circuit comprenant le couple thermo-électrique en expérience, dont la description suit plus bas; G, galvanomètre Thomson, provenant des ateliers Carpentier et donnant en moyenne une déviation de 1 division de l'échelle pour 1.10^{-7} ampère; K, godet placé au centre de l'arc de cercle formé par les godets 0 à 14, et permettant d'introduire dans le circuit dérivé le nombre de bobines nécessaires à équilibrer la différence de potentiel entre F et D.

C) *Couple thermo-électrique* (Pl. IV, fig. 3, 4, 5).

Tout le montage du couple thermo-électrique se trouvait placé à 4 mètres environ de l'observateur; afin

d'éviter dans la mesure du possible, les forces électromotrices étrangères à celles qu'il s'agissait de mesurer, je maintenais à la même température les deux soudures du couple avec les fils de cuivre qui le reliaient au reste du circuit dérivé; dans ce but ces soudures étaient placées dans les petits appareils en verre AA' (fig. 3 et 5), où circulait l'eau de la canalisation. De A en F et de C en A, fil de plomb pur (*plumbum purissimum* Merck): en F, soudure froide maintenue à 0° par de la glace pilée; en C, soudure chaude maintenue à la température de la vapeur du liquide[1] contenu dans l'appareil représenté fig. 4; R, réfrigérant à circulation d'eau; le thermomètre T_1 indiquait la température de la soudure chaude.

Les fig. 4 et 5 montrent que pour éviter tout court-circuit, un des fils de chaque soudure était entouré d'un petit tube de verre.

L'alliage à examiner était invariablement placé entre la soudure froide et la soudure chaude; le reste du couple était formé par les deux fils de plomb AF et CA'.

Marche d'une expérience.

Le fil à examiner étant soudé aux fils de plomb, les deux soudures mises à la glace et au chaud, il fallait s'assurer du sens du courant produit par le couple thermo-électrique, et modifier les attaches de l'accumu-

[1] Pour 55°, l'acétone; pour 95°, l'alcool propylique; pour 140°, l'acétate d'amyle; pour 195°, l'orthotoluïdine; pour 260°, le benzoate d'amyle.

lateur et du Clark de façon à rendre possible la mesure par compensation. J'ai désigné par le mot *direct* le sens du courant indiqué dans la fig. 2, par *inverse* le sens contraire.

Je joignais ensuite les godets K et 13, et en tâtonnant j'arrivais au moyen de la boîte H à régler la résistance du circuit principal de telle sorte que le Clark équilibrât l'accumulateur lorsque le curseur D était à peu près au milieu du fil CF.

Je faisais quelques observations de la température de la soudure chaude; celle-ci étant bien fixe, je notais (lecture 1) la position exacte du curseur qui laissait le galvanomètre au repos, ainsi que la température du Clark (lecture 2); puis, renversant le cavalier, je mettais le couple thermo-électrique en circuit, et par le déplacement du fil en ⌐¬ pivotant en K et celui du curseur, j'arrivais (lect. 4) une seconde fois à laisser le galvanomètre au repos; je lisais la température de la soudure chaude (lecture 3); enfin, coupant le circuit principal en B, enlevant le cavalier et joignant les godets L et M, je n'avais plus qu'à fermer le circuit en S pour obtenir au galvanomètre une déviation (lect. 5) dont la grandeur et le sens donnaient le courant dû à la f. é. m. parasite du circuit dérivé.

Les lectures 3, 4 et 5 se faisaient quatre ou cinq fois, aussi rapidement que possible, puis pour terminer je refaisais les lectures 1 et 2.

Voici un exemple tiré de mes notes :

8 Juillet 1898 Pb — Acier à 44 % Ni — Pb

Sens du courant : inverse ; Clark n° 3.

Boîte Elliott : 734 Unités B. A..

1	2	3	4	5
t_2 = 21°,95	13-900	.....	....	...
....	.....	251,3	5-425	+ 5,0
....	.....	251,3	5-426	+ 7,0
....	.....	251,3	5-428	+ 9,0
....	.....	251,3	5-428	+ 8,5
21,99	13-900	.....	....	....
Moyennes *brutes* 21,97	13-900	251,3	5-427	+ 7,4

Il suffisait ensuite de remplacer le vase C par un autre contenant un liquide différent pour obtenir une nouvelle série d'observations sur le même couple.

* * *

Enfin, de temps à autre, le Clark était mis en circuit avec le galvanomètre et une résistance de précision de de 100 000 Ω de *Hartmann* et *Braun* ; la déviation observée donnait la valeur d'une division de l'échelle en ampères ; cette valeur, qui a quelque peu varié pendant la durée de mes expériences, s'est montée en général à 1×10^{-7} ampères.

Les *Clark* ont été fréquemment comparés entre eux et avec un étalon de *Nalder Bros.* On trouvera plus bas l'indication des différences observées.

§ 3. Calcul d'une expérience.

Il fallait en premier lieu corriger les moyennes *brutes*.

Lecture 1. La comparaison dans un bain du thermomètre T_2 du Clark avec des thermomètres normaux

donnant directement le vingtième de degré, a révélé une correction permanente de — 0°,60.

Lecture 3. Le thermomètre T_1 de la soudure chaude devait subir une correction de — 0°,9 ; en outre, la correction pour la partie de la colonne mercurielle située en dehors de la région chaude, calculée d'après la formule de la *Physik. Reichsanstalt.*

$$K = \frac{n(T-t)}{6300}$$

s'est élevée à + 7°,5 pour la température de 260° et à + 2°,3 pour celle de 195°. Pour les températures plus basses, elle est négligeable.

Tous les thermomètres provenaient de la maison *Warmbrunn, Quilitz et C*ie et étaient munis de bulletins de la *Physik. Reichsanstalt.*

Lecture 2. 13—900 signifie que le —— pivotant en K était placé dans le godet 13 et que le curseur D était arrêté sur le 900 de l'échelle placée sous le fil CF. Ici toute correction est inutile (voir plus bas).

Lecture 4. 5—427 signifie godet 5 et 427/1000 du fil. La table de calibrage du fil donne ici une correction de + 1,0.

Lecture 5. Pas de correction.

Donc enfin, les lectures corrigées sont dans l'ordre.

1	2	3	4	5
21°,37	13—900	257°,9	5—428	+ 7.4

a) *Calcul de la f. é. m. brute.*

Lecture 1. A 21°,37, la *f. é. m.* du Clark, calculée

d'après la formule (E en volts *légaux*) indiquée par Kahle [1].

(1) $E_t = 1{,}438 - 0{,}00119\ (t-15) - 0{,}000007\ (t-15)^2$ est de 1430100 μv.

Lecture 2. Le godet 13 donne entre K et F 9623 Ω
900/1000 de CF = 0,900 × 9,570 = 8,6 Ω
Total pour r = 9631,6 Ω

Lecture 3. Le godet 5 donne entre K et F 32,015 Ω
428/1000 de CF = 0,428 × 9,570 = 4,0960 Ω
Total pour r' = 36,1110 Ω

D'où enfin, d'après la formule $x = \frac{er'}{r}$

$$x = \frac{1430100 \times 36{,}1110}{9631{,}6} = 5361{,}8\ \mu v$$

pour la f. é. m. brute.

b) *Calcul de la f. é. m. parasite.*

Lecture 5. La f. é. m. parasite agissant seule donne dans le circuit 5 KGLMSDF 5 une déviation de 7,4 divisions.

Chaque division du galvanomètre valant $7{,}08.10^{-8}$ amp., cela correspond à un courant de 0,524 μa.

La résistance de ce circuit vaut entre K et D 36,111 Ω et entre D et K à travers le galvanomètre 6,10 Ω à 21°,4 : donc en tout 42,2 Ω *légaux* (toutes les mesures de ré-

[1] *Kahle*, Wied. Ann. *51* p. 174, p. 203 (1894).

Tous mes calculs étaient faits quand j'ai appris la publication [*Jæger et Kahle* Wied. Ann. *65* p. 941 (1898)] de la formule rectifiée :

$E = 1{,}4328 - 0{,}00119\ (t-15) - 0{,}000007\ (t-15)^2$ en volts *internationaux*. (Il suffit de *soustraire* 1/274 environ des résultats indiqués ci-après pour avoir la *f. é. m.* en volts *internationaux*.)

sistances ayant été faites avec une boîte Carpentier d'avant 1893).

La f. é. m. parasite se monte donc à $42{,}2 \times 0{,}524 = 22{,}1$ μ volts *légaux*.

Le couple th.-él. et la f. é. m. parasite faisant dévier le galvanomètre vers les grands nombres, la correction de 22,1 microvolts est à déduire du résultat 5361,8 μv. trouvé ci-dessus.

On a donc f. é. m. nette = 5339,7 microvolts à 257°,9.

c) *Signe du couple th.-él.*

En admettant comme métal positif celui qui à travers la soudure chaude reçoit le courant de l'autre métal [1], et en tenant compte du fait qu'un Daniell ayant son pôle + à la place de la soudure chaude donne au galvanomètre une impulsion vers les grands nombres, on conclut que l'acier à 44 % Ni est négatif par rapport au plomb.

§ 4. Causes d'erreur et approximation des résultats.

Je vais maintenant passer en revue les diverses causes d'erreur et leur influence sur le résultat calculé comme je viens de le montrer.

A. *Erreurs sur e* (f. é. m. du *Clark*) provenant de :

1) Composition chimique de l'élément.

2) Inexactitude du thermomètre T_2.

3) Différence de température entre T_2 et l'élément *Clark*.

[1] *Gaugain*, *Becquerel*, *Wiedemann*, *Dewar et Fleming*. *Joubert*, *Witz*, *Berget et Chappuis* font la convention contraire.

4) Erreur de lecture du thermomètre.

ad 1) Au commencement de mars 1898, je préparai d'après les prescriptions du Congrès de Chicago, reproduites par *Armagnat* dans ses « Mesures électriques ». 4 éléments *Clark*.

Les n°s 1 et 4 furent mis en réserve; les 2 autres placés côte à côte sur la table de mesure, de façon à pouvoir être mis en circuit rapidement, servirent alternativement dans le cours de mes expériences ; quatorze comparaisons entre ces 2 éléments, échelonnées entre le 18 mai et le 24 décembre, donnèrent comme différence maximum $\frac{1}{12700}$ de leur valeur, soit 0,00011 volt.

Comparés à l'étalon Clark, de *Nalder Bros*, existant depuis quelques années déjà au laboratoire, ils ont constamment montré une f. é. m. supérieure d'environ $\frac{1}{4800}$ de leur valeur soit 0,0003 volt.

ad 2. J'ai dit plus haut que le thermomètre T_2 avait été comparé avec des étalons et que cette comparaison avait révélé une correction permanente.

ad 3. Les éléments Clark 2 et 3 furent placés avec T_2 dans une boîte remplie d'ouate. Les variations de température étant fort lentes, la température indiquée par T_2 était celle des éléments.

ad 4. T_2 portait une graduation en dixièmes de degré : il était donc facile de lire à $\frac{1}{20}$ de degré près : l'erreur possible sur la f. é. m. du Clark était donc de 60 μv environ, chaque degré correspondant à une variation de 0,0012 volt.

*
* *

B) *Erreur sur E* (f. é. m. de l'accumulateur).

Le principe de la méthode exige la constance de la f. é. m. E; celle-ci était assurée par le fait que l'accumulateur était fermé sur une résistance d'au moins 12700 Ω; le débit très faible de l'élément et la durée très réduite des expériences, ainsi que la comparaison directe du *Clark* et de l'accumulateur au début et à la fin de chaque série permettent de garantir la fixité de E.

C) *Erreur sur* R (résistance *totale* du circuit principal, 13500 Ω environ). Cette résistance devait être invariable; à l'exception de la boîte de résistance Elliot en maillechort qui faisait en moyenne 700 Ω, R était composé de constantan, et par conséquent insensible aux petits changements de température qui pouvaient se produire pendant une série d'observations, Pour plus de sûreté, d'ailleurs, tout le circuit était dans l'ouate, sauf le fil CF valant 9,570 Ω.

D) *Erreur sur r et r'* (résistances dont les extrémités ont une différence de potentiel égale respectivement à la f. é. m. du *Clark* et à celle du couple th-él.).

Ces résistances en constantan étaient composés des bobines 1 à 14 et d'une partie variable du fil CF.

Les erreurs peuvent provenir :

1. De l'évaluation de la résistance de chacune des bobines.

2. De l'évaluation de la résistance du segment intercepté par le curseur D sur le fil CF.

3. De la lecture de la position du curseur.

ad. 1. Les résistances des 14 bobines formant *r* furent mesurées à plusieurs reprises. Celles des bobines 1 à 12, inférieure chacune à celle de CF (afin d'éviter d'avoir à placer le curseur dans le voisinage des extrémités du

fil) furent déterminées à 1/1000 d'Ω près, celle des bobines 13 et 14 à $^1/_2$ Ω près.

ad 2. Le fil CF a une résistance de 9,570 Ω; il a été soigneusement calibré d'après la méthode de *Strouhal* et *Barus*; cette opération a révélé quelques petites différences dont il a été tenu compte.

ad 3. Pour la mesure de *r*, la position du curseur n'était déterminée chaque fois qu'à 5^{mm} près. En effet 5^{mm} du fil CF ont pour résistance 0,048 Ω et par conséquent, en admettant dans cette correction que *e* valait constamment 1,43 et *r* 9630 Ω, 5^{mm} représentaient $\frac{1,43 \times 0,048}{9630} = 7\ \mu v$, ce qui est absolument négligeable, les meilleures déterminations de la f. é. m. du *Clark* différant encore de 50 μv entre elles.

Pour la mesure de r' la position du curseur était déterminée à $\frac{1}{2}^{mm}$ près, ce qui d'après le calcul précédent donne sur la résistance de la portion du fil interceptée par le curseur une erreur possible de 0,0048 Ω soit 0,7 μv.

Donc enfin, en prenant la formule établie pour la f. é. m. brute

$$x = \frac{er'}{r}$$

en appelant :

a l'erreur maximale commise sur *e* (soit 60 μv).

b l'erreur maximale sur *r*' (soit pour le ⊓ dans le godet O 0,0048 Ω et pour les autres 0,0048 + 0,001 = 0,0058 Ω);

c l'erreur maximale sur *r* soit

$$0,048\ \Omega + 0,5\ \Omega = 0,55\ \Omega$$

et A, B, C les erreurs correspondantes du résultat, on a, en adoptant pour e la valeur moyenne 1430000 μv et pour r 9630 Ω

$$A = a \frac{\partial x}{\partial e} = a \frac{r'}{r} \qquad = 60 \frac{r'}{9630} = 0,0062 r'$$

$$B = b \frac{\partial x}{\partial r'} = b \frac{e}{r} \text{ soit } \frac{0,0048 \times 1430000}{9630} = 0,72 \mu v.$$

pour le godet O et

$$\frac{0,0058 \times 1430000}{9630} = 0,87 \mu v.$$

pour les autres positions du ⌐¬

$$C = c \frac{\partial x}{\partial r} = -c \frac{er'}{r^2} = \frac{0,55 \times 1430000 \, r'}{\overline{9630}^2} = 0,0084 \, r'$$

on arrive dans le plus mauvais cas, celui où les erreurs toutes de même sens s'ajoutent, à une erreur *totale* de

$$(1) \; 0,72 \, \mu v + (0,0062 + 0,0084) \, r'$$

sur le résultat des mesures au dessous de 1264 μv pour lesquelles ⌐¬ s'est trouvé en O et de

$$(1)' \; 0,87 \, \mu v + (0,0062 + 0,0084) \, r'$$

sur celles au-dessus de 1264 μv, et à une erreur *probable* de

$$\sqrt{A^2 + B^2 + C^2} =$$

$$(2) \sqrt{\overline{0,0062}^2 \, r'^2 + \overline{0,72}^2 + \overline{0,0084}^2 \, r'^2} =$$

$$\sqrt{0,5184 + 0,00011 \, r'^2}$$

et respectivement

$$(2)' \sqrt{0,7569 + 0,00011 \, r'^2}$$

Exemples numériques :

a) ⌐¬ dans le godet O.

Le bronze d'aluminium à 7 $\frac{1}{2}$ % d'Al. a donné

$$e = 1429500\ \mu v$$
$$r' = 2{,}6174\ \Omega$$
$$r = 9631{,}1\ \Omega$$
$$\text{d'où } x = 388{,}5\ \mu v.$$

L'erreur maximale possible est d'après (1)

$$0{,}72 + 0{,}04 = 0{,}76\ \mu v$$

L'erreur probable d'après (2) = 0,72 μv.

b) ⌐¬ dans le godet 5. Ferro-nickel à 44 % *Ni*

$$e = 1430100\ \mu v$$
$$r' = 36{,}1110\ \Omega$$
$$r = 9631{,}6\ \Omega$$
$$\text{d'où } x = 5361{,}8\ \mu v$$

Erreur maximale possible d'après (1)'

$$= 0{,}87 + 0{,}53 = 1{,}40\ \mu v.$$

Erreur probable = 0,95 μv.

*
* *

A l'erreur sur x s'ajoute celle qui peut provenir de la détermination de la f. é. m. *parasite.*

E) *Erreur sur la f. é. m. parasite.*

Elle peut provenir :

1) De la détermination de la sensibilité du galvanomètre.

2) de l'erreur de lecture du galvanomètre dans la détermination de la déviation dûe à la f. é. m. parasite.

3) de la détermination de la résistance du circuit parasite.

Ad. 1) La déviation observée au galvanomètre, le *Clark* étant mis sur 100000 Ω, était de 150 divisions environ ; cette observation pouvait donner une erreur de 0,1 division de l'échelle, absolument négligeable.

Ad. 2) L'erreur de la moyenne des lectures ne doit pas dépasser 0,2 divisions de l'échelle.

Ad. 3) Comme on l'a vu plus haut, le circuit dans lequel se manifestait la f. é. m. parasite se fermait par le curseur appuyé par son poids sur le fil C F. De nombreuses expériences m'ont prouvé que la différence maximum de résistance provenant des variations de la pression du curseur valait 0,1 Ω.

(Il est à noter que cette erreur n'influe en aucune façon sur la détermination de la f. é. m. brute, les résistances du circuit du couple th. él. n'entrant pas dans la formule $\frac{er'}{r}$).

La résistance du galvanomètre et de ses fils de jonction valait 6,13 Ω à 22°,5; il fallait y ajouter r' pour avoir la résistance totale du circuit à f. é. m. parasite. Cette résistance totale pouvait donc être affectée d'une erreur maximale de 0,1 Ω. Je néglige ici les 0,0058 Ω d'erreur maximale sur r'.

*
* *

En appelant :

ε la f. é. m. parasite

σ la valeur d'une division de l'échelle, en microampères.

φ la résistance du galvanomètre (prise en tenant compte de la température ambiante).

δ la déviation dûe au courant parasite on a $\varepsilon = \sigma (r' + \varphi) \delta$.

D'autre part, f et g étant les valeurs maximales des erreurs sur $(r' + \varphi)$ et δ,

F et G les erreurs en résultant sur la valeur d'ε, on a

$$G = g \frac{\partial \varepsilon}{\partial \delta} = g . \sigma (r' + \varphi) = 0,2 \ \sigma (r' + \varphi)$$

$$F = f . \frac{\partial \varepsilon}{\partial \varphi} = f . \sigma . \delta \qquad = 0,1 \ \sigma\delta, \text{ on a}$$

erreur maximale possible sur $\varepsilon = G + F =$

$$\sigma \left[0,1 \ \delta + 0,2 \ (r' + \varphi) \right] \ (3)$$

et erreur probable sur $\varepsilon =$

$$\sqrt{G^2 + F^2} = \frac{\sigma}{10} \sqrt{4 \ (r' + \varphi)^2 + \delta^2} \ (3)'$$

*

* *

En reprenant les exemples numériques donnés plus haut, on a :

a) Bronze d'Aluminium à 7 $\frac{1}{2}$ °/₀ d'Al.

$$\sigma = 0,104 \ \mu a$$
$$\varphi = 6,11 \ \Omega \text{ car } t = 21°,9$$
$$\delta = 24,2 \text{ divisions}$$
$$r' = 2,6174 \ \Omega$$
$$\text{d'où } \varepsilon = 0,104 \ (2,62 + 6,11) \times 24,2 = 21,95 \ \mu v$$

L'erreur maximum possible =

$$0,104 \left[0,1 \times 24,2 + 0,2 \ (2,62 + 6,11) \right] = 0,43 \ \mu v$$

l'erreur probable =

$$\frac{0,104}{10} \sqrt{4 \times \overline{8,73}^2 + \overline{24,2}^2} = 0,31 \ \mu v$$

b) Le ferro-nickel à 44 °/₀ *Ni*

$$\sigma = 0,071 \ \mu a$$
$$\varphi = 6,10 \ \Omega \text{ car } t = 21°,4$$
$$\delta = 7,4 \text{ divisions}$$
$$r' = 36,1110 \ \Omega$$
$$\text{d'où } \varepsilon = 0,071 \ (36,11 + 6,10) \times 7,4 = 22,19 \ \mu v$$

L'erreur maximale possible =

$$0{,}071\,[0{,}1 \times 7{,}4 + 0{,}2 \times 42{,}21] = 0{,}65\ \mu v.$$

L'erreur probable =

$$\frac{0{,}071}{10}\sqrt{4 \times \overline{42{,}2}^2 + \overline{7{,}4}^2} = 0{,}61\ \mu v.$$

* * *

En résumé, l'étude des causes d'erreurs et des corrections amène à ce résultat que dans le plus mauvais cas, l'erreur ne dépasse pas 2 microvolts.

Les résultats que l'on trouvera consignés ci-après ont été calculés d'après la marche indiquée ci-dessus; nous n'avons pas jugé à propos de calculer l'erreur possible ou probable pour chacun d'eux, le travail considérable que ce calcul aurait exigé n'étant pas en rapport avec son utilité.

Ce n'est qu'à propos du laiton à 36 °/₀ de Zn, dont la f. é. m. est très faible par rapport au plomb, que nous avons adopté une autre marche qui sera exposée en détail plus bas.

§ 5. Alliages étudiés.

Mes recherches ont porté sur 31 alliages répartis en 6 groupes :

1) 10 Aciers au nickel.
2) 4 Platines iridiés.
3) 3 Bronzes d'aluminium.
4) 5 Bronzes télégraphiques.
5) 5 Laitons.
6) 4 Maillechorts.

J'ai en outre établi la courbe du platine pur et celle du cuivre pur pour les porter sur les tableaux des groupes 2 et 4.

Tous les échantillons ont été étudiés sous forme de fils d'environ 1 m. de longueur, les diamètres variant de 0,15 à 1,6mm ; avant d'être mis en expérience, ils furent soigneusements recuits, soit par le courant électrique, soit dans un four spécial servant aux recuits industriels.

Aciers au nickel (Planche V, fig. 1).

Les échantillons que j'ai étudiés sont ceux mêmes qui ont servi aux expériences de M. *Eug. Dumont*[1] ; M. *Ch.-E. Guillaume*, à qui nous devons tout un ensemble de recherches sur ces alliages, a bien voulu m'autoriser à les employer pour mon travail. — Quelques-uns sont chrômés

— Fe-Ni 5 % — Pb		— Fe-Ni 22 % Cr-Pb	
t	*x*	*t*	*x*
56,8	— 164,2	55,9	— 183.4
95,9	— 319,8	94,7	— 311,5
137,4	— 534,5	133,9	— 434,6
197,8	— 899,1	197,1	— 613.4
259,3	—1325,0	259.0	— 762,2

— Fe-Ni 24 % — Pb		— Fe-Ni 26 % — Pb	
t	*x*	*t*	*x*
54,8	— 293,6	56,7	— 155,4
94.1	— 484,0	96,0	— 258,1
135,9	— 641,8	135,7	— 345,7
197.2	— 841,1	199,0	— 464,8
257,0	—1020,1	255.6	— 542,9

Fe-Ni 28 % — Pb		— Fe-Ni 30,4 % — Pb	
t	*x*	*t*	*x*
56.2	—1356,3	55,8	— 352,7
95,2	—2336,2	95,9	— 599,0
134,5	—3358,6	138,7	— 806.0
198,6	—4920,4	199,2	—1039,1
261,6	—6298,4	257,6	—1204,8

[1] Thèse de doctorat : *Recherches sur les propriétés magnétiques des aciers au nickel. Archives des sc. phys. et nat.*, t. V, 1898.

— Fe-Ni 35,5 °/₀ — Pb		— Fe-Ni 35,7 °/₀ Cr — Pb	
t	x	t	x
56,2	— 490,6	55,7	— 620,1
94,2	— 712,9	93,7	— 953,5
138,9	— 939,3	134,3	—1264,1
198,5	—1026,0	198,0	—1587,0
260,6	—1061,6	260,5	—1799,7

— Fe-Ni 39,4 °/₀ — Pb		— Fe-Ni 44 °/₀ — Pb	
t	x	t	x
56,6	— 1269,4	57,5	— 1686,0
95,2	— 1967,0	99,1	— 2610,6
135,3	— 2552,0	137,2	— 3507,6
199,6	— 3212,4	200,2	— 4583,1
261,6	— 3540,8	258,9	— 5339,7

L'observation du tableau des courbes (Pl. V, fig. 1), montre qu'il n'y a aucune espèce de loi qui puisse relier les teneurs en nickel aux f. é. m. th. él. On peut cependant faire les remarques suivantes :

1. La courbe du 5 °/₀ Ni a sa convexité tournée du côté de l'axe des abscisses, tandis que toutes les autres courbes font le contraire.

2. Les courbes sont dans leur majorité comprises entre celles du Fe et du Ni, mais beaucoup plus rapprochées de celle de ce dernier, le 28 °/₀ Ni, le 39, 4 °/₀ Ni et le 44 °/₀ dépassant même la courbe du Ni pur.

3. Au-dessus de 26 °/₀ de nickel, et entre 0° et 100° les courbes sont superposées dans l'ordre des teneurs en nickel à l'exception seulement du 28 °/₀ qui occupe une place absolument à part par sa grande f. é. m.

Platines iridiés (Pl. V, fig. 2).

Quatre échantillons contenant respectivement 10 °/₀, 20 °/₀, 30 °/₀ et 40 °/₀ d'Iridium, composition et pureté garanties par la fabrique *Heraeus* à Hanau. J'ai déter-

miné aussi la courbe du platine absolument pur fourni par la même maison.

Pt puriss. — Pb		Pt Ir 10 °/₀ — Pb.	
t	*x*	*t*	*x*
56,4	— 199,1	55,6	+ 442,6
93,7	— 377,8	93,5	+ 748,1
133,5	— 607,2	132,3	+1072,2
198,2	—1037,0	198,6	+1582,9
256,5	—1407,6	259,0	+2037,2

Pt Ir 20 °/₀ — Pb.		Pt Ir 30 °/₀ — Pb.		Pt Ir 40 °/₀ — Pb.	
t	*x*	*t*	*x*	*t*	*x*
56,3	+ 420,7	55,9	+ 342,2	55,8	+ 305,4
94,0	+ 718,7	93,5	+ 578,2	94,4	+ 536,8
133,5	+1038,0	131,5	+ 855,6	133,9	+ 791,8
196,8	+1547,9	198,8	+1314,7	197,6	+1197,8
261,5	+2042,3	262,1	+1777,7	260,8	+1603,1

Il ne m'a pas été possible de me procurer du fil d'Iridium pur, ce métal ne se prêtant pas à l'étirage ; il eût été intéressant de pouvoir en déterminer la courbe de f. é. m.

On peut cependant remarquer ce qui suit :

1. Si la courbe de l'Ir se trouve placée entre celle du Pt et des alliages Pt-Ir. ou au-dessous de celle de Pt, on a que les courbes des alliages sont toutes en dehors de l'espace compris entre celles des métaux purs, et l'alliage le plus iridié est alors le plus *proche* de l'Ir. au point de vue th. él.

2. Si la courbe de Ir. est au-dessus de celles des alliages, la conclusion est renversée : les alliages sont compris entre les composants, mais alors ils sont placés dans l'ordre *inverse* de leur teneur en Ir.

3. Si enfin la courbe de l'Ir. pur se trouve placée au milieu des courbes des alliages, il n'y a aucune règle gé-

nérale que l'on puisse déduire de mes résultats. Les hypothèses 1 et 2 sont également vraisemblables, étant donnés les résultats que j'ai obtenus avec les autres alliages binaires.

4. *L'alliage le plus platiné est le plus éloigné du platine.*

5. Les courbes des alliages sont presque absolument des droites.

Je dois faire observer que les résultats obtenus par divers chercheurs pour des platines soi-disant purs diffèrent beaucoup, d'une trentaine de microvolts environ ; le résultat que j'ai trouvé pour le Pt. pur entre 0° et 100° est 414 μv, ce qui se rapproche beaucoup de celui de *Noll* (409 μv).

Bronzes d'aluminium (Pl. V, fig. 3).

Trois échantillons contenant respectivement 5 °/₀, 7 ½ °/₀ et 10 °/₀ d'aluminium, fournis par la maison *Lange* (Auerhammer).

Cu Al 5 °/₀ — Pb		Cu Al 7 ½ °/₀ — Pb	
t	*x*	*t*	*x*
55,2	+ 45,8	55,5	+ 63,3
94,1	+ 69,9	95,3	+ 118,3
133,1	+ 108,4	134,9	+ 182,2
198,1	+ 196,9	198,8	+ 297,9
258,6	+ 279,2	258,5	+ 410,9

Cu Al 10 °/₀ — Pb.

t	*x*
56,2	+ 64,8
95,2	+ 119,9
130,6	+ 181,5
198,9	+ 308,0
253,6	+ 437,7

1. Les courbes des alliages sont *entre* celles des composants.

2. Les alliages se suivent dans l'ordre *inverse* de leur composition, les plus riches en aluminium, par exemple, étant les plus *éloignés* de la courbe de l'aluminium pur.

Bronzes télégraphiques (Pl. V, fig. 4).

Cinq échantillons fournis par la même usine, et ayant pour *conductibilité* respectivement 95 °/₀, 85 °/₀, 60 °/₀, 40 °/₀ et 30 °/₀, le 100 °/₀ étant représenté par un conducteur de 1 m. de longueur sur 1^{mm^2} de section faisant 0,0167 Ω.

Je ne possède pas d'indications exactes sur la composition de ces bronzes, sauf sur le 30 °/₀ qui contient environ 6 °/₀ d'étain et 0,1 °/₀ de fer, mais qui du reste, d'après quelques essais rapides, ne semble pas être parfaitement homogène; le précipité produit par l'acide nitrique concentré sur des fragments de même poids était en effet fort variable de volume et d'aspect. Les bronzes de haute conductibilité ne semblent contenir que des traces d'étain.

D'après les indications données par le fournisseur, la teneur en cuivre est en proportion de la conductibilité.

Je joins à la table des résultats celui que m'a donné un cuivre pur provenant de la même maison.

Cu pur — Pb.

t	x
55,6	+ 141,6
93,1	+ 264,6
130,5	+ 387,5
197,8	+ 668,5
259,5	+ 880,9

Bronze à 95 $^{\circ}/_{0}$ — Pb.

t	x
55,5	+ 143,5
94,2	+ 255,8
133,4	+ 385,9
196,9	+ 619,1
258,0	+ 800,4

Bronze à 85 $^{\circ}/_{0}$ — Pb.

t	x
55,7	+ 130,4
93,5	+ 229,4
131,0	+ 342,3
197,0	+ 553,5
259,6	+ 730,4

Bronze à 60 $^{\circ}/_{0}$ — Pb.

t	x
55,4	+ 105,4
94,3	+ 193,8
132,4	+ 292,1
198,2	+ 485,3
255,2	+ 660,9

Bronze à 40 $^{\circ}/_{0}$ — Pb.

t	x
55,8	+ 37,5
94,0	+ 75,1
132,5	+ 125,2
198,8	+ 234,0
260,2	+ 338,9

Bronze à 30 $^{\circ}/_{0}$ — Pb.

t	x
55,5	+ 55,2
94,0	+ 107,9
132,5	+ 166,2
199,5	+ 286,3
260,2	+ 398,1

1. Les bronzes sont rangés dans l'ordre de leur teneur en cuivre entre les courbes du cuivre et de l'étafn ; il n'y a d'exception à cette règle que pour le 30 $^{\circ}/_{0}$ dont j'ai déjà signalé le manque d'homogénéité.

Je signale aussi, mais sans y insister, la forme particulière des courbes du 85 $^{\circ}/_{0}$, du 95 $^{\circ}/_{0}$ et du Cu pur entre 200° et 260°. Il ne m'a pas été possible de vérifier sur ces 3 corps si cette forme de courbe correspond bien à la réalité ; mais il y a de fortes présomptions pour qu'elle soit juste, car une expérience du 30 juillet a donné pour le 95 $^{\circ}/_{0}$ 800,4 μv à 258° et le 7 décembre 787,0 à 251°,6, deux valeurs qui se correspondent exactement.

Laitons (Pl. V, fig. 5).

Cinq échantillons provenant de la même usine sous les marques 6 Loth, 10 Loth, 12 Loth, 16 Loth, 20 Loth indiquant des teneurs croissantes en zinc de 11, 23, 26, 32 et 36 °/₀ approximativement.

Le 36 °/₀ Zn, en raison de sa faible f. é. m. a été étudié par une méthode de déviation, en même temps que par la méthode d'opposition. Les résultats fournis par la première de ces méthodes sont moins sûrs, et ne sont indiqués ci-après que comme terme de comparaison.

Méthode de déviation.

Je formais un circuit (Pl. I, fig. 2) K O F D S M R X Q L G K comprenant donc le galvanomètre et le couple th.-él.: j'obtenais alors une déviation d; puis je mettais le couple hors circuit, et je joignais L à M; nouvelle déviation d', dûe uniquement à la f. é. m. parasite.

Les lectures d et d' étaient faites plusieurs fois, en alternant, puis contrôlées en renversant les connexions du reste du circuit avec le galvanomètre.

Connaissant les résistances ρ et ρ' des 2 circuits, j'avais f. é. m. nette $= (\rho d - \rho' d') \sigma$.

σ étant la valeur en μa d'une division du galvanomètre.

Le point faible de cette méthode est l'inexactitude relativement grande de la résistance ρ et par conséquent de ρ' car la température de la soudure chaude varie. En prenant comme liquides l'éther, l'acétone, l'alcool, l'alcool propylique et l'acétate d'amyle, j'obtiens le tableau suivant, dans lequel j'ai intercalé (marque *) des observa-

tions prises *au vol* pendant le refroidissement des liquides et qui cadrent assez bien, sans pouvoir être garanties.

Laiton à 36 °/₀ Zn — Pb.
Méthode de déviation (décembre 1898)

t	x	t	x
36,1	— 13,2	77,4	— 17,2
52 *	— 14,6*	84 *	— 18,4*
55,4	— 15,6	92,8	— 16,9
58 *	— 15,9*	102 *	— 15,9*
67 *	— 16,6*	138,3	— 3,5

Le même laiton par la méthode d'opposition (Décembre 1898).

t	x
55,2	— 15,4
94,2	— 12,3
198,4	+ 25,0
260,2	+ 82,2

Voici les résultats obtenus par la méthode d'opposition pour les autres alliages.

Laiton à 11 °/₀ Zn — Pb.		Laiton à 23 °/₀ Zn — Pb.	
t	x	t	x
57,2	+ 58,5	55,1	+ 44,6
95,2	+ 114,0	94,6	+ 89,0
137,7	+ 186,0	137,6	+ 144,1
197,0	+ 302,6	196,4	+ 232,2
258,1	+ 420,6	258,3	+ 339,2

Laiton à 26 °/₀ Zn — Pb.		Laiton à 32 °/₀ Zn — Pb.	
t	x	t	x
55,5	+ 44,8	59,8	+ 36,3
93,5	+ 86,3	96,2	+ 75,4
134,8	+ 136,9	136,1	+ 120,7
197,5	+ 231,5	197,4	+ 199,7
258,9	+ 333,9	257,6	+ 290,2

1. Les laitons sont tous *en dehors* des courbes des composants; ils se rangent dans l'ordre de leur pourcentage en zinc, les plus riches en zinc étant les plus éloignés

du zinc, les plus riches en cuivre. les plus rapprochés du cuivre.

Maillechorts (Pl. V, fig. 6).

4 échantillons provenant de la même usine sous les marques suivantes et contenant :

	Cu °/o	Zn °/o	Ni
Prima Prima	50.8	21.5	27.9
Prima II	47,1	24,3	27.7
Tertia	59.7	29.1	12.0
Quarta	60,5	14.2	25.9

Voici les résultats trouvés :

Maillechort Iala — Pb			Maillechort Quarta — Pb		
t		x	t		x
55,8	—	719,8	55,8	—	861,8
94,4	—	1287,3	93,4	—	1525,5
134.0	—	1947,7	131,3	—	2247,1
197.4	—	3092.3	197.9	—	3682.1
258,8	—	4259.6	261,2	—	5081,9

Maillechort Tertia-Pb			Maillechort Prima II-Pb		
t		x	t		x
55,5	—	547,2	55,9	—	605,8
94.3	—	977,6	93.8	—	1075,1
134,2	—	1472,1	132,8	—	1613,5
197,3	—	[illegible]304,1	198.1	—	2603,0
261,6	—	3225,1	259,4	—	3556,5

Les maillechorts sont au fond des *laitons au nickel.*

Ce sont les seuls alliages ternaires que j'aie expérimentés. La corrélation qui se manifestait entre les propriétés th.-él. et la composition chimique des alliages binaires ne se montre pas aussi immédiatement, mais un examen attentif des résultats permet de faire les remarques suivantes :

1. La présence du nickel a pour effet immédiat de

ramener les courbes th.-él. du côté de celle du nickel; la comparaison des fig. 5 et 6 montre immédiatement la chose.

2. La présence du zinc a l'effet contraire; ainsi le Tertia qui a le plus de Zn et le moins de Ni a la f. é. m. th.-él. de beaucoup la plus faible; de même le Prima-Prima, qui a la même teneur en Ni que le Prima II, se trouve avoir une f. é. m. bien supérieure, du fait de sa moindre teneur en Zn.; enfin le Quarta, qui a moins de Ni que les deux que je viens de citer, arrive à les dépasser, et de beaucoup, grâce à sa faible teneur en Zn.

	μv		μv
Fer pur	+1453°; +1199*	Bronze de conduct. 85	+ 249,0
Acier à 5 °/₀ Ni	— 341,0	» » 60 »	+ 208,5
22 » Ni Cr	— 328,1	» » 40 »	+ 82,9
24 » Ni	— 306,3	» » 30 »	+ 117,0
26 » Ni	— 266,7	Etain pur	+ 5,7° ; — 6,0*
28 » Ni	—2461,0	Bronze à 5 °/₀ Al.	+ 75,7
30,4 » Ni	— 618,3	» 7 ½ » »	+ 125,9
35,5 » Ni	— 742,3	» 10 » »	+ 128,3
35,7 » Ni Cr	—1001,7	Al. pur	— 39,4°; — 40*
39,4 » Ni	—2023,9	Laiton à 11 °/₀ Zn	+ 122,1
44 » Ni	—2631	» 23 » »	+ 95,9
Nickel pur	—1888°; —1866*	» 26 » »	+ 94,3
Platine pur	—414,2; —409 *	» 32 » »	+ 79,7
Platine à 10 °/₀ Ir	+ 802,4	» 36 » »	— 10,2
» 20 °/₀ »	+ 767,2	Zn pur	+323° ; + 290*
» 30 °/₀ »	+ 625,6	Maillechort Prima Prima	—1380,7
» 40 °/₀ »	+ 573,0	» Prima II	—1160,7
Cuivre pur	+316°; +324*	» Tertia	—1048,2
Cuivre pur	+ 287,3	» Quarta	—1651,2
Bronze (conduct. 95 °/₀)	+ 275,1	Nickel pur	—1888 ;—1866*

CONCLUSIONS

A) *Alliages binaires.*

(Platines iridiés, Bronzes d'aluminium, Bronzes télégraphiques, laitons).

1. Les courbes de f. é. m. des alliages binaires sont superposées dans chaque série dans l'ordre de leur teneur en l'un des composants.

Sur 17 alliages étudiés, un seul fait exception, le bronze de conductibilité 30 %, précisément celui dont l'analyse a révélé le manque d'homogénéité.

2. Les courbes de f. é. m. des alliages binaires d'une même série sont placées toutes *entre* celles des composants, ou toutes *en dehors* de celles des composants.

Cette conclusion se vérifie sans aucune exception pour les laitons, les bronzes d'aluminium et les bronzes télégraphiques; elle n'a pu être vérifiée pour les platines, la courbe de l'iridium n'étant pas connue.

Les deux remarques précédentes ne permettent cependant pas de conclure que l'alliage le plus riche en l'un des composants soit celui dont la courbe est la plus rapprochée de celle de ce composant. C'est même le contraire qui arrive le plus souvent. Exemples de ce dernier cas : les bronzes d'aluminium pour les deux composants, les platines iridiés pour le platine, les laitons pour le zinc.

B) Pour les alliages de trois métaux (maillechorts) et ceux où, comme les aciers au nickel, les matières étrangères (chrôme, carbone, etc.) sont en proportion sensible, il ne semble pas possible d'établir une règle générale. On peut remarquer cependant que certains métaux ont la propriété de rapprocher fortement de leur propre courbe celles des composés dans lesquels ils entrent.

Le nickel, en particulier, exerce cette action très fortement. Les aciers au nickel ont tous leur courbe très près de celle du nickel, très loin de celles du fer et de l'acier, et cela même à très faible teneur de nickel. Quelques-uns

de ces aciers, le 28 %, le 39 %, le 44 % Ni dépassent même la courbe du Ni.

Les maillechorts montrent cette même influence du nickel, contrebalancée en partie par celle du zinc; voir à ce sujet les remarques qui terminent le paragraphe des maillechorts, et qui me semblent expliquer assez bien la place des divers alliages.

*
* *

Pour faciliter les comparaisons avec d'autres recherches, je donne ici un tableau des f. é. m. des alliages étudiés entre 0° et 100°.

J'ai marqué du signe * les résultats que j'emprunte à *Noll* et de ° ceux de *Dewar et Fleming*.

Genève, Laboratoire de physique de l'Université, mai 1900.

SUR LA

CHLORONAPHTYLAMINE

$C^{10}H^{6}Cl.NH^{2}$ 1.4

PAR

Frédéric REVERDIN et Pierre CRÉPIEUX

En faisant réagir le chlore gazeux sur l'acétyl-α-naphtylamine en solution acétique, Clève [1] a obtenu une dichloracétyl-α-naphtylamine, fusible à 214° et en petite quantité une substance fusible à 184° qu'il supposait être une monochloracétylnaphtylamine, sans avoir pu cependant le vérifier par l'analyse. Le dérivé dichloré dont il a établi la constitution et qui correspond à la *dichloronaphtylamine* $C^{10}H^{5}Cl.Cl.NH^{2}$ 1.3.4. lui a fourni par réduction au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique la *monochloronaphtylamine* $C^{10}H^{6}Cl.NH^{2}$ 2.1, fusible à 56° [2].

Comme nous cherchions à préparer cette dernière base, nous avons voulu répéter le travail de Clève en modifiant toutefois le procédé de chloruration, c'est-à-dire en chlorant au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlrohydrique. Nous avons opéré comme suit :

On dissout 18gr5 d'acétyl-α-naphtylamine dans 60cc

[1] *Berichte d. d. chem. Ges.,* t. 20, p. 448.
[2] » » » 23 954.

d'acide acétique cristallisable, puis on ajoute à froid 23^{cc} d'acide chlorhydrique à 21° B^{é} : il se forme un précipité, on maintient le tout dans la glace et on introduit peu à peu une solution de 6 gr. de chlorate de soude dans 25^{cc} d'eau ; la température s'élevant rapidement, on règle l'addition du chlorate de manière qu'elle ne dépasse pas 48°, puis tout le chlorate étant introduit, on enlève le mélange de la glace et on laisse encore réagir quelque temps à la température ordinaire; on filtre et on fait cristalliser dans l'alcool étendu. Le produit ainsi obtenu, soumis à la saponification en chauffant plusieurs heures avec de la potasse alcoolique concentrée, nous a fourni par distillation à la vapeur d'eau et cristallisations répétées dans la ligroïne, une base fusible à 98° qui a été analysée ainsi que son *dérivé acétylé* fusible à 186°5. Les analyses ont montré que la base obtenue était une *monochloronaphtylamine*.

Base.

$C^{10}H^{8}NCl$	Calculé	Cl = 20.00 %
	Trouvé	= 20.28

Dérivé acétylé.

$C^{12}H^{10}ONCl$	Calculé	Cl = 16.17 %
	Trouvé	= 16.29

Le point de fusion de notre base (98°) correspondant à celui d'une monochloronaphtylamine (*dérivé acétylé* fus. à 184°) de constitution indéterminée obtenue par Seidler[1] comme produit accessoire en réduisant dans de certaines conditions le nitronaphtalène, nous avons jugé utile d'établir la constitution de la base que nous avions obtenue.

[1] *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. 11, p. 1201.

Nous l'avons dans ce but transformée par la réaction de Sandmeyer en naphtaline chlorée, mais un premier essai fait avec la substance incomplètement purifiée nous a montré que le produit de la chloruration était constitué par un mélange de monochloronaptylamine et de dichloronaphtylamine ; nous avons obtenu, en effet, dans cette réaction une combinaison fondant après distillation aux vapeurs d'eau vers 60°, mais dont le point de fusion après quatre ou cinq cristallisations dans l'alcool s'est élevé graduellement jusqu'à la température constante de 92°, température à laquelle fond le *trichloronaphtalène* $C^{10}H^5Cl.Cl.Cl.$ 1.2.4.

Le produit principal de la chloruration par notre méthode est cependant constitué par le dérivé monochloré, tandis que par le procédé de Clève dont il a été question plus haut, c'est le dérivé dichloré qui se forme presque exclusivement. En soumettant enfin à la réaction de Sandmeyer la base complètement purifiée, fusible à 98°, nous avons obtenu un produit distillable avec la vapeur d'eau, qui après cristallisation dans l'alcool fond à 66°, température très voisine du point de fusion du *dichloronaphtalène* 1.4. (67°5) dont il présente aussi les caractères. La monochloronaphtylamine fusible à 98° serait donc le dérivé $C^{10}H^6Cl.NH^2$ 1.4. Cependant Atterberg [1] a préparé autrefois cette combinaison par réduction du dérivé nitré correspondant au moyen de l'étain et de l'acide chlorhydrique et l'a décrite comme fusible à 85-86° ; notre produit avant purification possédait les caractères indiqués par ce savant (odeur désagréable rappelant celle de l'α naphtylamine, oxydation rapide à l'air) tandis

[1] *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. 10, p. 547.

qu'après purification complète et obtention du point de fusion 98°, il est absolument inodore et ne se colore que très légèrement au contact de l'air.

Pour plus de sûreté nous avons encore tenu à préparer la monochloronaphtylamine 1.4. par une méthode qui ne laisse aucun doute sur la constitution du produit obtenu ainsi que par le procédé décrit par Atterberg. Nous avons donc, d'une part, transformé la *nitronaphtylamine* $C^{10}H^{6}NH^{2}NO^{2}$. 1.4. par la réaction de Sandmeyer en *chloronitronaphtalène* correspondant, fusible à 85°, et nous avons, d'autre part, préparé ce dérivé par nitration de l'α-chloronaphtalène dans les conditions indiquées par Atterberg[1]. Les produits obtenus par ces deux méthodes ont été trouvés identiques, et ils nous ont tous deux fourni par réduction la base fusible après purification dans la ligroine à 98°.

Il résulte donc de ces recherches que lorsqu'on chlore l'acetyl-α-naphtylamine au moyen du chlorate de soude et de l'acide chlorhydrique, il se forme comme produit principal le dérivé acétylé correspondant à la *monochloronaphtylamine 1.4.* et que le point de fusion de cette base est 98° au lieu de 85 à 86° comme il avait été indiqué jusqu'ici.

[1] *Berichte d. d. chem. Ges.*, t. 9, p. 926.

LES
VARIATIONS DE LONGUEUR DES GLACIERS
DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET BORÉALES

PAR

Charles RABOT

(Suite[1].)

DÉPARTEMENT SUD DE BERGEN

Folgefonn.

Le Folgefonn appartient à la catégorie des *inlandsis*, d'après notre classification, ou des *local-ice-caps*, suivant que l'on adopte l'une ou l'autre des divisions glaciaires que j'ai proposées dans l'introduction à cette étude. Il occupe une superficie de 280 kil. carrés, et, est, par suite, le glacier le plus étendu de la Norvège et de l'Europe après le Jostedal et le Svartis.

Le Folgefonn recouvre un haut plateau, compris entre le Sörfjord (Hardanger), le Sildefjord et l'Aakrefjord, situé à l'altitude moyenne de 1300 m. La nappe glaciaire supérieure est partagée en trois massifs d'inégale

[1] Voir *Archives*, t. VII, avril 1899, p. 359; juin, p. 557; t. VIII, juillet, p. 62; août, p. 156; septembre, p. 271; octobre, p. 321; novembre, p. 453; décembre, p. 566; t. IX, février 1900, p. 162; mars, p. 269; avril, p. 349.

étendue par deux ravins dépouillés de glaciation. Le plus vaste se trouve dans le sud, tandis que le plus élevé (1634 m.) se rencontre à l'extrémité nord de la plate forme. De cette coupole s'épanchent, par les ravins et les vallons ouverts dans l'épaisseur de sa base, un grand nombre de glaciers et de langues de glace. Pour les distinguer, aux premiers je donne le nom de courants de premier ordre et aux seconds, celui de courants de deuxième ordre. Les premiers sont au nombre de quatre : deux sur le versant oriental : le Blaadalsbræ et le Buarbræ, et deux autres sur la face occidentale : le Bondhunsbræ et le Pytbræ. Parmi les autres langues de glace moins importantes qui frangent les parois du Folgefonn, citons au nord : celles du Verafjeld et du Juklevand, puis, sur la face orientale, celles de Valaberg (remanié), de Moge, d'Aase et de Digrenæs. Le long de la muraille sud se trouve seulement le glacier de Kjæringbotn : sur le versant ouest, les émissaires de la coupole sont plus nombreux. De ce côté, Sexe cite les langues de glace du Mysevand, de l'Urabotn et du Juklavand [1].

Versant nord

Glacier de Verafjeld.

En 1859, ou 1860 ou 1861, l'épaisseur de son extrémité inférieure était d'environ quarante pieds norvégiens (12m50); l'altitude de son extrémité inférieure se trouvait à 4000 pieds norvégiens (1240 m.) [2].

[1] Ne pas confondre avec le glacier du même nom situé sur le versant nord.

[2] Sexe, *Om Sneebræen Folgefon*, Kristiania, 1864, p. 6.

Versant oriental

1° *Glacier de Valaberg.*

Lors des voyages de Sexe (1859-1861) il formait un glacier remanié. A cette date, l'altitude de son extrémité inférieure était de 3524 pieds norvégiens (1082 m.).

2° *Glacier de Blaadal.*

Longueur : un huitième de mille norvégien (1375 m.)

Largeur : 1000 à 1500 pieds norvégiens (310 à 465 m. [1]). Altitude de son front : 3296 pieds norvégiens (1021 m.) (1859-1861) [2].

En août 1859, son extrémité inférieure était percée par une grotte.

3° *Glacier du Buar* [3] (Buarbræ).

Altitude de son extrémité inférieure : 1445 pieds norvégiens (447 m.) en 1859-61 [4].

De mémoire d'homme, contait Sexe après ses explorations de 1859 à 1861, ce glacier a augmenté et progressé d'environ un huitième de mille norvégien (1370 m.), recouvrant une assez grande étendue de pâturages pour les moutons. Dans ces dernières années il a cependant diminué [5] ajoutait-il.

L'auteur d'un travail anonyme sur les variations de longueur des glaciers en Norvège [6] qui visita le Buarbræ en 1870, remarqua, devant son front, des mottes de

[1] Sexe. *Loc. cit.*, p. 11.

[2] *Ibid.*, p. 21.

[3] On écrit également Buer et par suite Buerbræ.

[4] Sexe, *Loc. cit.*, p. 11.

[5] *Ibid*, p. 10.

[6] *Bræernes Væxt og Aftagen i Norge.* in *Naturen*, février 1882, Kristiania.

gazon tourbeux que la glace avait récemment soulevées en progressant et des tas de pierres qu'elle avait poussés devant elle. Un gamin qui était allé voir le glacier un samedi soir, remarqua une grosse pierre qui se trouvait alors séparée de la glace par une distance égale à la « largeur d'une voiture ». Le samedi suivant, le glacier atteignait cette pierre.

Pendant ce siècle, m'écrit M. Greve, l'obligeant vice-consul de France à Bergen, le Buarbræ a progressé considérablement ; une année même, cette crue a menacé d'être calamiteuse pour le Buardal. En 1870, ce glacier avança de 80 mètres, et, en 1871, de 4 mètres en huit jours.

En 1878, M. L. Holmström visita le Buarbræ.

« Il est certain, écrit-il, que, durant ces dix-huit dernières années, le glacier a avancé et en même temps a augmenté d'épaisseur. D'un point situé dans la vallée entre le Sandvenvand et le front du courant, la glace semble recouvrir complètement le pointement rocheux décrit et figuré par Sexe dans la partie nord du vallon. D'après Sexe, il y a dix-huit ans, l'extrémité inférieure du glacier se trouvait à 1445 pieds au-dessus de la mer (447^{m}) ; actuellement elle est située à une altitude de 321^{m}75. Sur un rocher du vallon on voit gravée une petite croix [1] avec l'inscription : « 70 *Alen.* » (*Alen* : Aune). Ce repère indique probablement qu'à l'époque où il a été placé il se trouvait à « 70 Alen » (42 m.) du front du glacier ; aujourd'hui il n'en est plus éloigné que d'un mètre. Comme ces observations indiquent que le Buarbræ con-

[1] Quand et par qui ce repère a été placé je l'ignore. (note de M. Holmström)

tinue à avancer dans la vallée, j'ai mesuré la distance de son front au pont de Buargaard, afin d'avoir à l'avenir une base pour mesurer les progrès du glacier. Cette distance est d'environ 947 mètres [1].

« Il est certain qu'avant ma visite (4-7 août) le glacier avait avancé. Tout près de son front se trouvait une moraine, épaisse de quelques pieds, composée de graviers et de pierres. La pression du glacier poussait les pierres en avant ; de plus, le gazon était arraché et entassé dans les endroits où le sol en était couvert. Des arbustes et des arbres étaient renversés et leurs racines, leurs troncs et leurs branches en partie enfouis dans la moraine. Deux aulnes mesurant environ un diamètre de quinze centimètres étaient sur le point d'être renversées.

« La végétation est très développée jusque devant le front du glacier. Plusieurs espèces d'arbres à feuilles vivent parfaitement dans le voisinage immédiat de la glace, et, à moins de deux cents mètres du glacier, on voyait un petit champ de seigle dont les tiges atteignaient une hauteur de deux mètres.

« Le Buardal présente à chaque pas des traces de l'extension de la glace à une époque antérieure, mais ne renferme cependant pas de grandes moraines terminales [2] ».

M. K. Bing a publié, sur le Folgefonn, un très important mémoire (*Folgefonnen*) dans l'Annuaire des Touristes de Bergen pour 1896 (*Bergensfjellmannalags aars-*

[1] Cette distance ne doit pas être considérée comme absolument précise, la nature accidentée du terrain m'ayant empêché de me servir de la chaîne d'arpenteur (note de M. Holmström).

[2] L. Holmström *Om moræner och terrasser*. in *Öfversigt af Kongl. Vetenskaps Akademiens Förhandlingar*, Stockholm 1879, vol. XXXVI, p. 6 et 7.

oversyn för 1896) dont il me semble intéressant de reproduire un passage très curieux.

« Depuis vingt-cinq ou trente ans, le Folgefonn a sensiblement diminué dans sa partie supérieure. Plusieurs rochers ont, durant cette période, émergé de la glace : en même temps, des pointements rocheux jusque-là isolés au milieu du glacier, ont été rattachés aux rives. Ces modifications topographiques sont particulièrement importantes dans le massif méridional au-dessus de Mauranger et d'Odda, ainsi que dans le massif central où le sous-sol, auparavant toujours recouvert par le glacier, apparaît maintenant au jour. Les émissaires du Folgefonn ont-ils pendant cette période reculés ou avancés, je n'ai à cet égard aucun renseignement positif. *Une progression notable d'un glacier paraît déterminer une diminution correspondante du réservoir supérieur.* Aussi n'est-il pas invraisemblable que les glaciers peuvent avancer pendant que les névés diminuent. Dans tous les cas, celui des grands glaciers du Folgefonn qui, en raison de sa situation, peut être le plus facilement observé, a considérablement avancé durant ces dernières vingt-cinq années, environ jusqu'en 1893 ou 1894. Depuis deux ou trois ans, il a, au contraire, diminué».

Résumé. — Pendant le cours de ce siècle, le Buarbræ a singulièrement augmenté. Sa progression dépasse l'amplitude d'une simple variation périodique. Depuis le commencement du siècle jusque vers 1860, il se serait allongé de 1370 m. La date du début de cette crue ne peut être fixée. Cette crue paraît avoir continué jusqu'en 1893 et 1894. Depuis le glacier serait en décroissance.

VERSANT MÉRIDIONAL.

Glacier de Kjœringboln.

Longueur : 300 m. environ.

En 1859, son extrémité inférieure, située à l'altitude de 4000 pieds norvégiens environ (1240 m.), était percée d'une grotte haute de seize pieds (5 m.) et large de quarante (12^m50).

VERSANT OCCIDENTAL.

1° *Glacier de Pyt* (Pytbræ).

En 1893, son extrémité inférieure atteignait l'altitude d'environ 660 m. [1].

Devant le glacier, sur une distance de 300 m. à partir de son extrémité, on voyait, en 1893, un dépôt morainique récent. Sur le flanc ouest et, également, sur le côté est apparaissaient, à une petite distance du glacier, plusieurs vestiges de moraines latérales [2].

Donc depuis quelques années antérieurement à 1893 en retrait.

2° *Glacier de Bondhuus* (*Bondhuusbræ*).

En 1812, lorsque Smith visita ce glacier, il avait récemment reculé. Sa relation renferme le renseignement suivant : « Au-delà du lac (le Bondhuusvand) et de la montagne verte, le chemin conduit bientôt à l'extrémité inférieure du glacier. On se trouve là dans une petite vallée transversale qui, en grande partie, a été auparavant

[1] P.-A. Öyen. *Pytbræen.* in *Archiv for Mathematik og Naturvidenskab*, Kristiania, vol XVII, 2.

[2] *Ibid.*

occupée par la glace. Elle s'est actuellement retirée en abandonnant plusieurs monticules de terre et de pierres, plus ou moins grands et concentriques, en témoignage de ses mouvements de recul et de progression. »

A cette date, l'extrémité inférieure du glacier, large de 2 à 300 *Alen* (120 à 180^{m}), était percée d'une grotte.

Sexe ne donne aucune indication sur le régime de ce glacier à l'époque de sa visite (1859-1861). Il se borne à signaler la présence de moraines le long de ses rives sud-ouest et nord-est, ainsi que devant son front. Comme il n'indique pas qu'un intervalle sépare ces formations de la glace, il est peut-être permis de supposer qu'à cette date, le Bondhuusbræ était en état de maximum. Cette hypothèse est rendue assez vraisemblable par la différence dans les altitudes données par Forbes et par Sexe pour l'extrémité inférieure de ce glacier. En 1851, d'après le célèbre naturaliste écossais, le front du Bondhuusbræ était situé à 1120 pieds anglais, soit à 336 m. au-dessus du niveau de la mer, tandis que, en 1859-1861, il se trouvait d'après Sexe, à 1019 pieds norvégiens, soit à 315 environ. La langue de glace se serait donc abaissée dans la vallée dans cet intervalle, si toutefois les observations sont exactes.

En 1895, d'après le professeur Richter, le front du Bondhuusbræ présentait l'aspect suivant :

« Une moraine frontale, en forme de croissant, présentant tous les caractères d'une formation toute récente, enveloppe la langue de glace terminale, à une distance de 50 m. au plus du glacier. Elle est haute de cinq à six mètres..... Le recul ou l'affaissement sur les flancs est insignifiant. D'après un paysan de Bondhus, le glacier serait en retrait depuis cinq ou six ans.

« Les traces de variations antérieures ne sont pas perceptibles, contrairement à ce que l'on observe sur les glaciers du Jostedal. Là, immédiatement derrière la moraine la plus récente, s'étend une végétation très touffue d'arbustes et d'arbres, d'âge ancien, qui, depuis des siècles, n'a pas été détruite. A quelques centaines de mètres en aval, se trouve un chalet (*sæter*) sur des pâturages tourbeux. Tout indique que depuis un temps immémorial le glacier ne s'est pas étendu jusque-là. [1] »

Donc, en 1812, et vers 1895 faible recul. Jusqu'au début de cette période de décroissance toute récente, le Bondhuusbræ est resté en état de maximum depuis la « décrue » de 1812.

3° *Glacier du Mysvand.*

En 1859-1861, ce courant paraissait être en retrait d'après la description de Sexe. « Des traces toutes fraîches que l'on observe sur son lit, écrit ce naturaliste, permettent de supposer qu'il n'y a pas très longtemps, ce glacier avait une épaisseur de deux cents pieds (60 m.) [2] »

L'hypothèse d'une décroissance en 1859-1851 est rendue vraisemblable par un autre renseignement. Près de ce glacier se trouve un petit lac, le Mysvand. Il y a cinquante ou soixante ans, d'après M. K. Bing, le front du glacier baignait complètement dans cette nappe d'eau [3]. Sexe ne mentionne pas cette position intéressante ; il est certain que, lors de son passage, le courant s'était déjà éloigné du lac, et, par suite, se trouvait en retraite. En 1895, le front du glacier en était distant de cent mètres [4].

[1] Richter. *Beobachtungen über Gletscherschwankungen in Norvegen, 1895.* in *Petermanns Mitteilungen*, 1896, V, p. 110.

[2] Sexe. *Loc. cit.* p. 7.

[3] K. Bing. *Loc. cit.*

[4] *Ibid.*

Donc depuis une date antérieure à 1859 recul.

4° *Glacier du Juklevand.*

« Au mois de septembre 1859, il se terminait dans le lac par un mur de glace vertical, haut de 20 à 30 pieds (de 6 à 18 m.) et des glaçons détachés de cette muraille flottaient sur la nappe d'eau [1]. »

Vingt ans plus tard la situation s'était légèrement modifiée, comme cela résulte de la description suivante du professeur Yngvar Nielsen :

« Le lac est tout petit ainsi que la branche du Folgefonn qui y descend. Le glacier baigne dans la nappe d'eau en formant un mur bleu, à pic, mais assez bas [2]. »

Donc, de 1859 à 1879 retrait peu accentué.

Résumé des observations faites sur les glaciers du Folgefonn.

En 1812 un glacier est en retrait. Dans le courant de ce siècle, les principaux émissaires du Folgefonn ont augmenté considérablement. Pour l'un d'eux, au moins, cet accroissement dépasse les limites d'une simple variation périodique. Cette crue a persisté jusqu'à nos jours (Buarbræ 1893-1894; Bondhuusbræ, quelques années avant 1895).

Vers 1890, les glaciers de premier ordre ont commencé à reculer (Buarbræ, 1893-1894; Bondhuusbræ, avant 1895; Pytbræ, avant 1893). Cette retraite a été peu importante. Les petits émissaires sont entrés en décroissance longtemps auparavant; celui du Mysvand antérieurement

[1] Sexe, *Loc. cit.*, p. 8.

[2] Yngvar Nielsen.

à 1859, celui du Juklevand entre 1859 et 1879. Maintenant et c'est là un fait de la plus haute importance, tandis que les glaciers du plateau glacé du Folgefonn sont en crue ou stationnaires ou encore n'éprouvent qu'une très faible diminution, la nappe supérieure qui les alimente diminue considérablement d'étendue et d'épaisseur. Le réservoir semble se vider au profit de ses émissaires.

HARDANGERJOKULL

Inlandsis (*local-ice-cap*) situé entre le Hardanger et le Hallingdal ; à ma connaissance, il n'en a été publié aucune description géographique. Son étendue dépasse cent kilomètres carrés.

Glacier de Rembesdal.

A une distance de deux kilomètres [1] environ de son extrémité inférieure, ce glacier donne naissance sur sa rive gauche à un lac de barrage, le Dæmmevand, long de 3 kil. environ [2]. Cette nappe s'écoule sous le glacier, tantôt lentement, tantôt, au contraire, brusquement, en dévastant la vallée inférieure. Le Dæmmevand occasionne ainsi des inondations aussi calamiteuses que celles produites jadis par le Mærjelen See avec lequel il présente une très grande analogie. Aussi bien, pour prévenir le retour de pareilles catastrophes, des travaux d'art sont-ils projetés.

Les inondations sont, comme il est facile de le comprendre, dans une étroite dépendance des variations de longueur du glacier. Lorsque le glacier est en crue les eaux peuvent naturellement moins aisément se creuser

[1] D'après la note insérée in Peter Annæus Öyen. *Dæmmevand* in *Bergens Museum Aarbog,* 1894-1895, n° III, tirage à part de 14 pages.

[2] *Ibid.*

un passage. Par suite, à mon avis les dates de ces catastrophes, indiquent approximativement celles de phases de retrait du glacier. Cette hypothèse est confirmée par l'observation suivante de Munch. Ces inondations ne se produisent guère que tous les vingt ans, écrivait en 1843 ce savant géographe, et dans ces derniers temps il n'en est point survenu depuis 1813, car dans ces dernières années le glacier aurait beaucoup diminué [1].

En 1893 s'est produit une inondation dévastatrice, plus terrible que les précédentes.

De ces renseignements, il semble résulter qu'en 1813, le glacier de Rembesdal était en décroissance, comme celui de Dondhaus (Folgefonn).

Ensuite est survenue probablement une période pendant laquelle il a augmenté ou tout au moins est resté stationnaire. La débâcle de 1893 indique peut-être une décroissance comme celle qui se produit sur le Folgefonn.

Résumé des variations de longueur des glaciers dans la Norvège méridionale.

Le fait saillant de cet historique est la crue énorme éprouvée par les glaciers du Jostedalsbræ et du Jotunheim vers le milieu du XVIIIme siècle. A cette date les masses de glace envahissent des terres qui auparavant n'avaient jamais été soumises à la glaciation. Le début de ce cataclysme se place en 1730 (Glaciers du Krondal, p. 179); en 1748, il paraît prendre fin, mais les glaciers restent stationnaires dans un état de maximum ou

[1] Professor Munch's Indberetning om hans i Somrene 1842 og 1843 ved Stipendium foretagne Reiser gjennem Hardanger, Numedal, Thelemarken etc. (Manuscrit conservé à l'Institut minéralogique de l'Université de Kristiania. Cité par P.-A. Öyen, *Loc. cit.*, p. 5 du tirage à part.

voisin du maximum jusque dans les premières années du siècle, vers 1812. Pendant le cours du XIXme siècle, on observe sur les glaciers de la Norvège les traces de cinq oscillations différentes, trois négatives et deux positives. Aucune de ces variations n'a atteint une grande amplitude, et surtout n'a présenté un caractère général. Comparées à la grande crue du XVIIIme siècle, ce sont des phénomènes secondaires.

Vers 1812 se place une première phase de recul qui se prolonge jusque vers 1878. Si sur quelques courants du Jostedalsbræ elle est continue pendant cette période et détermine un recul de plusieurs centaines de mètres (grand glacier de Bergsæt, perte en 1851 : 819 m. Glacier du Nigard, perte en 1851 : plus de 700 m. Glacier de Faabergstöl, perte en 1845 : 6 à 700 m. Glacier de Lodal, perte en 1845 : 6 ou 700 m), d'autres émissaires de cette coupole de glace, même le Tunsbergdalsbræ ne subissent qu'un faible raccourcissement. Dans le Jotunheim, pendant cette même période, le recul paraît également faible ; quelques glaciers même, comme le Tveraabræ et le Sveljenaasbræ, sont restés stationnaires en état de maximum, tout au moins de 1849 à 1870. Sur le Folgefonn nous trouvons trace de cette variation négative au Bondhuusbræ en 1812, mais sa durée a été très courte, et à cette décroissance fait suite une crue considérable, ou tout au moins un état de maximum. Au Hardangerjökull, il y a également indice d'un recul en 1813. En 1868, une faible augmentation se produit sur les branches du Jostedalsbræ ; à la même date, un phénomène semblable paraît avoir affecté les glaciers du Jotunheim et a compensé les pertes subies précédemment (P.-A. Öyen). Sur le Buarbræ, l'allongement est, au contraire, très considérable et persiste longtemps.

A cette phase succèdent une deuxième période de retrait très lente, qui s'étend jusque vers 1890, puis une nouvelle progression, si faible que dans beaucoup de localités elle passe inaperçue. Après cette crue se manifeste, de nouveau, un mouvement de recul et actuellement presque tous les glaciers de la Norvège méridionale sont en retraite

Le résultat de toutes ces oscillations se traduit finalement par une diminution de la glaciation ; mais cette régression des glaciers n'a présenté ni l'ampleur, ni la généralité de ce même phénomène dans les Alpes durant la seconde moitié du siècle. Si, depuis le grand maximum de 1730-1748, plusieurs courants ont rétrogradé d'un kilomètre, quelques uns, au contraire, ont augmenté, et d'autres ont perdu quelques centaines de mètres à peine.

Le tableau suivant résume les pertes des glaciers de la Norvège méridionale pendant le XIXme siècle.

Jostedalsbræ.

Glaciers.	Perte du glacier à partir de la moraine du milieu du XVIIIme siècle.	Date de la dernière observation.
Boiumbræ	600 à 700 m.	1895
Suphellebræ	600 m.	Ibid.
Austerdalsbræ	1600 m.	
Tunsbergdalsbræ	300 m.	De 1819 à 1869
Bergsæterbræ	1000 m.	1878
Nigardsbræ	1000 m.	Ibid.
Faabergstölsbræ	6 à 700 m.	1845
Lodalsbræ	Ibid.	Ibid.
Kjensdalsbræ	3 à 400 m.	1895
Aabrækkebræ	200 m.	1895
Brixdalsbræ	200 m.	Ibid.
Melkevolsbræ	Ibid.	Ibid.
Aamotbræ	6 à 800 m.	Ibid.
Stegeholtbræ	Quelques centaines de pieds.	1878

Jotunheim.

	1 à 200 m.	1891

Folgefonn.

Glaciers.	Perte du glacier depuis la date inconnue du maximum.	Date de la dernière observation.
Pytbræ	300 m.	1893
Bondhausbræ	50 m.	1895
Buarbræ	en crue pendant la plus grande partie du dernier tiers du XIXme siècle.	1895

Nous sommes loin des chiffres observés dans les Alpes : seulement dans le Valais — et les opérations n'ont pas porté sur tous les glaciers de ce canton — en vingt-sept ans, durant le deuxième tiers de ce siècle, l'étendue de la glaciation a diminué de 54 kilomètres environ [1]. Le tableau suivant [2] des pertes de plusieurs courants de la Savoie, de la Suisse et du Tyrol empruntés aux travaux de notre savant maître, le professeur Forel, met en évidence la différence d'allure des glaciers norvégiens et alpins pendant cette période.

		Perte.
Glacier du Rhône	de 1856 à 1880	850 m.
» des Bois	de 1854 à 1880	1050 m.
» des Bossons	Ibid.	530 m.
» de la Brenva	de 1846 à 1880	1000 m.
» d'Obersulzbach	de 1850 à 1880	411 m.

Si maintenant nous considérons l'ensemble des glaciers de la Scandinavie, nous voyons partout se produire, dans le courant du XVIIIme siècle, une crue énorme. Dans le nord, elle se place vers 1723, dans le sud, un peu plus tard, vers 1730. Les glaciers restent gonflés en état de maximum ou voisin du maximum jusqu'au commencement du siècle. Ensuite commence une longue

[1] F.-A. Forel. *Les variations périodiques des glaciers des Alpes*, troisième rapport, 1882, in *Jahrbuch der Schweizer Alpenclubs*, vol. XVIII, p. 263.

[2] F.-A. Forel. *La grande période de retraite des glaciers des Alpes de 1850 à 1880*, in *Jahrbuch des Schweizer Alpen Clubs*, vol. XVI.

période de recul peu accentué en comparaison de sa durée. Dans la Norvège méridionale, cette phase de retrait a été interrompue par deux crues et même ne s'est pas produit sur tous les courants cristallins. En Laponie, au contraire, on ne peut se prononcer avec certitude sur l'existence de variations positives ; en tous cas, comme dans le sud, la régression éprouvée par la plupart des glaciers n'a pas été très grande.

Somme toute, durant le XIXme siècle, en Scandinavie, la glaciation a diminué d'étendue, mais en général d'une faible quantité, et, elle n'est pas encore rentrée dans les limites que pendant une très longue période, elle n'avait pas dépassé avant la crue de la première moitié du XVIIIme siècle.

Cette faible amplitude du recul, comparée à celle observée dans les Alpes est le trait caractéristique de l'histoire des glaciers scandinaves pendant le XIXme siècle.

Maintenant comparons les dates des oscillations des glaciers scandinaves avec celles observées dans les Alpes.

CRUES			DÉCRUES		
Scandinavie septentrion.	Scandinavie méridionale	Alpes	Scandinavie septentrionale	Scandinavie méridionale	Alpes
1730	1740	1760–1786 (Heim)	....	....	....
......	....	....	1807-1899	1812-1868	1800–1812
......	....	1811–1822 (Heim)	....	....	1822–1840 (Heim)
......	....	1800–1815 (Forel)	....	....	1815–1830 (Forel)
......	....	1840–1855 (Heim)	....	....	1855–1880 (Heim)
......	....	1830–1845 (Forel)	....	....	1845–1875 (Forel)
......	1868-1873	1875	....	1873–1890	....
......	1890–1895	....	....	1895	....

De ce tableau, il paraît résulter que les glaciers de la Scandinavie sont plus précoces que ceux des Alpes. Au XVIIIme siècle ils entrent en crue avant ceux des Alpes, et au commencement de ce siècle entrent en retraite également avant la période de régression qui se fait sentir dans les Alpes vers la même époque. De même la crue secondaire qui a eu lieu en Suisse et en Savoie en 1875 se fait sentir en Norvège dès 1868.

(A suivre.)

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

FRANZ FEIST et W. MOLZ. SYNTHÈSE DE QUELQUES DÉRIVÉS DU FURFURANE (*Berichte*, t. XXXII, p. 1766, Zurich).

Le gaz ammoniac agissant à froid sur une solution éthérée de chloracétone et d'éther acétonedicarbonique, donne un peu d'acide méthyl-2-pyrrolcarboxyle-3-acétique 4, et surtout le dérivé correspondant du furfurane.

G. LUNGE et U. WEGELI. FABRICATION DU CHLORE PAR LE PROCÉDÉ DE WILDE ET REYCHLER (*Zeits. ang. Chem.*, 1898, p. 1097, Zurich).

L'examen critique de ce prodédé a conduit à la conclusion que le mélange de magnésium et manganite ne se prête pas à un travail continu comme dans le procédé Deacon, mais très bien à un travail discontinu sous certaines conditions, qui sont que la température de chloruration soit aux environs de 425°, que la concentration se fasse avec HCl saturé d'humidité et que la température d'oxydation de la masse soit vers 600°, au lieu de 525° préconisée par W. et R. Dans ces conditions, L. et W. ont obtenu jusqu'à 87,9 % de l'acide chlorhydrique en chlore; ils approuvent complètement la composition de la masse.

C. SCHALL et S. KRASZLER. PRÉPARATION ÉLECTROLYTIQUE DE DITHIOSULFURES (*Zeits. f. électro-Chem.*, 5, p. 225. Zurich[1]).

---

[1] Voir *Archives*, 1893, p. 387.

C. Schall. Sur un polymère de la carbodiphénylimide de Weith (*J. pr. Chem.*, 58, p. 461, Zurich).

Ce polymère fond vers 169° et se transforme par la chaleur en α carbodiphénylimide; ce dernier corps se combine moléculairement avec les phénylhydrazines substituées, par fusion simultanée et prolongée.

R. Gnehm et E. Blumer. O. toluidines alkilées (*Lib. Ann.*, 304, p. 87, Zurich).

Les auteurs ont préparé et décrit un grand nombre de dérivés alkylés de l'*o.* toluidine et de leurs sels et réactions.

R. Gnehm et H. Werdenberg. Acides sulfonés et autres dérivés de la diphénylamine (*Zeits. f. ang. Chem.*, 1899, p. 1027, Zurich).

Le meilleur procédé pour sulfoner la diphénylamine est de sulfoner l'acétyldiphénylamine et d'éliminer ensuite le groupe acétyl par saponification; rendement, 80 %. Divers dérivés ont été préparés.

Vincent Czepinski. Changement d'énergie des combinaisons halogénées de quelques métaux lourds lorsqu'ils sont fondus (*Zeits. an. Chem.*, 19, p. 208, Zurich).

L'auteur a étudié la grandeur de polarisation lors de l'électrolyse des combinaisons des métaux lourds halogénés fondus et à différentes températures pour établir si elles correspondaient à la seconde loi de la théorie de la chaleur. Ces recherches ont confirmé la formule de Helmholtz; il y a un rapport régulier entre le coefficient de température et la composition chimique et physique des combinaisons métalliques halogénées.

Richard Lorenz (*Zeits. an. Chem.*, 19, p. 223, Zurich), sous

la direction duquel le précédent travail a été fait, sur les deux chaînes :

$$Zn \mid ZnCl_2 \mid PbCl_2 \mid Pb$$
$$Zn \mid ZnBr_2 \mid PbBr_2 \mid Pb$$

du type de l'élément Daniell, y joint des considérations théoriques sur les réactions pyrochimiques qui s'y rapportent :

$$Zn + PbCl_2 = ZnCl_2 + Pb$$
$$Zn + PbBr_2 = ZnBr_2 + Pb$$

HANS KREIS. SUR LA RÉACTION DE MELZER POUR LA PIKROTOXINE (*Chem. Ztg.*, 23, p. 21, Bâle).

L'auteur a trouvé que la réaction de Melzer pour reconnaître la présence de la pikrotoxine, par la benzaldéhyde et l'acide sulfurique concentré, s'appliquait aussi pour déceler la présence de phytostérine et de cholestérine.

HANS KREIS. RÉACTION DE BISHOP POUR L'HUILE DE SÉSAME (*Chem. Ztg.*, 23, p. 802, Bâle).

Cette réaction se fait avec du HCl (D. 1,19) et du furfurol; si on emploie du sucre au lieu de furfurol, on obtient une coloration bleue. L'auteur a essayé cette réaction avec divers phénols. Lorsque l'huile de sésame rancit, il se forme des produits d'oxydation de la glycérine, qui, lorsqu'on fait la réaction de Baudouin, donnent, au lieu d'une coloration rouge, une couleur verte.

WILLY WOBBE. RÉACTIONS DU CYANURE DE MERCURE ET DE L'OXYCYANURE DE MERCURE (*Pharm. Cent. H.*, 39, p. 934, Berne).

L'auteur indique différentes réactions permettant de reconnaître la présence de l'oxycyanure de mercure.

G. Lunge et E. Weintraub. Action de l'acide sulfurique et de l'acide azotique sur le peroxyde d'azote (*Zeits. f. ang. Chem.*, 1899, pp. 393 et 417, Zurich).

Lunge avait établi que le peroxyde d'azote, en présence d'acide sulfurique, donnait de l'acide sulfurique nitrosé et de l'acide nitrique

$$N_2O_4 + SO_4H_2 = SO_2\begin{cases} OH \\ ONO \end{cases} + HNO_3$$

De nouvelles recherches ont démontré que la réaction renversée est aussi vraie et qu'il se produit en dissolution un état d'équilibre variable suivant la concentration et que l'équation $HNO_2 + HNO_3 = N_2O_4 + H_2O$ retournée est aussi exacte. Lorsque l'acide sulfurique est a 66° B. la transformation de N_2O_4 en SO_5NH est la réaction principale; plus l'acide est dilué, plus la réaction inverse se produit.

G. Lunge et E. Weintraub. Sur la nitrocellulose (*Zeits. f. ang. Chem.*, 1899, p. 441, Zurich).

Cette étude a montré que le produit le plus nitré renferme 11 restes d'acide nitrique (C_{24}); cependant on peut obtenir la cellulose hexanitrée (C_{12}) en employant un mélange d'acide nitrique et de P_2O_5. La nitrocellulose ne commence à se dissoudre dans l'éther-alcool que lorsque la proportion de NO correspond à une tetra ou trinitrocellulose (C_{12}): cependant on peut par des moyens détournés obtenir une pentanitrocellulose soluble même dans l'alcool.

Plus la proportion d'acide sulfurique est grande par rapport à l'acide nitrique, moins la réaction est rapide et moins nitrés sont les produits. Plus la température de la réaction est élevée, plus la réaction va vite, mais c'est aux dépens de la nitration, la nitrocellulose formée se décomposant. Au microscope polarisant, on perçoit des teintes différentes provenant non-seulement d'une différence de constitution chimique, mais aussi de structure physique différente suivant le mode d'obtention de la nitrocellulose.

La quantité de cellulose que renferme la nitrocellulose se détermine très bien en dissolvant la nitrocellulose dans un mélange d'éthylate de sodium et d'acétone.

G. LUNGE. DÉTERMINATION DE L'ACIDE SULFURIQUE EN PRÉSENCE DE FER (*Zeits. an. Chem.*, 21, p. 194, Zurich).

Polémique avec Küster et Thiel sur ce sujet, ainsi qu'avec Meinecke.

G. LUNGE. PROCÉDÉ DE DELLWICK POUR LA PRÉPARATION DU GAZ A L'EAU (*J. f. Gasbel.*, 42, p. 593, Zurich).

Dans ce procédé, la réaction est $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$, ce qui demande moins de chaleur que la réaction $C + H_2O = CO + H_2$, et le rendement est meilleur. Ce résultat est obtenu par une plus forte pression de la vapeur insufflée.

E. BAMBERGER et FRED. TSCHIRNER. SUR L'OXYDE DE DIMÉTHYLANILINE (*Berichte*, t. XXXII, p. 1882, Zurich).

Les auteurs ont étudié l'action de divers agents sur l'oxyde de diméthylaniline. Cette action peut être représentée d'une façon générale par l'équation :

$$C_6H_5 \cdot N \begin{cases} (CH_3)_2 \\ O \end{cases} + RX = C_6H_5\,N \begin{cases} (CH_3)_2 \\ -\ OR \\ X \end{cases}$$

Le produit d'addition ainsi formé se décompose presque immédiatement en donnant naissance à un nombre assez considérable de substances. L'oxyde de diméthylaniline diffère de la diméthyl-aniline par les propriétés suivantes : il ne s'unit pas aux diazoïques, on ne peut le condenser avec l'adéhyde formique pour obtenir du tétraméthyldiamidodiphénylméthane, on ne peut le transformer en indamines.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ VAUDOISE DES SCIENCES NATURELLES

Séance du 10 janvier 1900.

E. Chuard et F. Porchet. L'influence des remèdes cupriques sur la maturation. — P. Dutoit. La complexité moléculaire des liquides. — R.-A. Reiss. Histoire de la photographie et de la photochimie. — F.-A. Forel. Classification des moraines.

MM. E. Chuard et F. Porchet présentent les premiers résultats de leurs recherches sur l'*Influence des remèdes cupriques sur la maturation.*

Les premiers essais, qui ont porté essentiellement sur des groseilles, ont permis de constater que par le sulfatage on augmente de 1 % à 2 % la quantité de sucre dans les fruits.

En ce qui concerne l'action des sels de cuivre sur les feuilles, les auteurs montrent que la coloration intense et très persistante du feuillage des plantes sulfatées ne provient pas, comme on l'admet généralement, d'une augmentation de la quantité de chlorophylle, mais bien d'une action chimique spéciale des sels de cuivre sur la chlorophylle.

M. le Dr Paul Dutoit, de Genève, a fait une communication sur la *Complexité moléculaire des liquides.* Le travail de M. Dutoit a paru in-extenso dans les *Archives des sciences physiques et naturelles* de février 1900.

M. le Dr R.-A. Reiss, chef des travaux photographiques à l'Université de Lausanne, présente la première partie d'un travail sur l'*Histoire de la photographie et de la photochimie.*

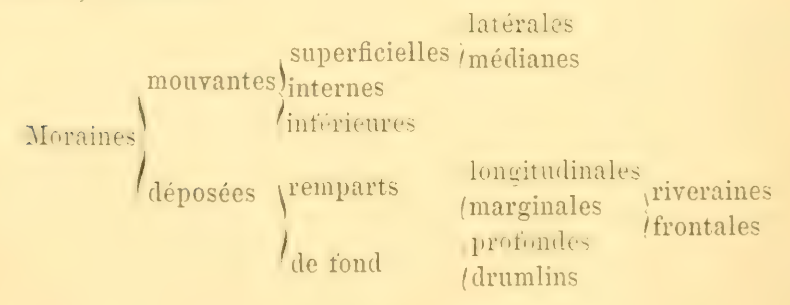
M. F.-A. Forel fait un rapport sur les conférences qui ont eu lieu au glacier du Rhône et au Grimsel, du 20 au 26 août 1899, sous les auspices de la Commission internationale des glaciers et sous la présidence de M. le prof. Dr E. Richter, de Graz.

Un des points en discussion était la classification des moraines, question soulevée par M. Forel qui montrait les inconvénients de l'emploi de la même appellation *moraine* appliquée actuellement à la fois aux masses de débris charriés sur le glacier (moraines en mouvement) et aux dépôts laissés par le glacier (moraines déposées).

M. Forel avait proposé d'employer deux noms substantifs différents : *gandèque*[1] pour la moraine en mouvement, la moraine vivante, la moraine charriée par le glacier ; gandèque latérale, gandèque médiane, gandèque profonde.

Moraine pour la moraine géologique, la moraine déposée : moraine frontale, moraine latérale, moraine profonde.

Cette proposition qui a été acceptée par tous les membres de la conférence de langue française est restée en minorité auprès de nos collègues de langues germaniques qui ont adopté la classification suivante proposée par le professeur Heim, de Zurich.



Séance du 24 janvier.

Amstein. Le logarithme intégral. — J. Ammann. Le rapport entre le poids spécifique de certaines solutions et la teneur en solides dissous.

M. Amstein, professeur, fait une communication complé-

[1] D'après l'ancien substantif en usage chez les montagnards de l'Oberland bernois, *Gandeck* en anglais, *gandeck*.

mentaire sur le logarithme intégral. Il montre, par des applications, l'utilité d'une série de Schlœmilch qui converge d'autant plus rapidement que la valeur de la variable est plus grande. Il étudie la loi qui régit les coefficients des termes de cette série et d'autres séries analogues.

M. Jules AMMANN fait une communication sur le *Rapport entre le poids spécifique de certaines solutions et la teneur en solides dissous.* Ce travail a paru *in-extenso* dans le numéro de janvier de la *Revue médicale de la Suisse romande.*

Séance du 7 février.

F.-A. Forel. La main des potières de Corcelettes. — Dr E. Bugnion. Présentation de Protées. — Dr R.-A. Reiss. Influence de la chaleur sur les papiers et les plaques photographiques pendant la dessiccation. — F. Rittener. Phénomènes atmosphériques observés du Chasseron.

M. F.-A. FOREL expose des moulages de parties de la main des ouvriers en poteries de l'âge du bronze, d'après des pièces provenant du palafitte de Corcelettes au lac de Neuchâtel, conservées dans les collections du Musée d'archéologie à Lausanne.

Entr'autres :

1° Moules de l'extrémité des doigts, pouce, index et médius, quelques-uns comprenant presque toute la phalangette.

2° Moule de l'articulation de la 1re et de la 2me phalange de l'index, face d'extension.

3° Moule de la même articulation, face de flexion.

4° Moules de la paume de la main avec quelques-unes des lignes et plis.

5° Moules des stries de l'épiderme, en particulier, stries de la face palmaire de la dernière phalange du pouce.

Ces moulages qui ont été pris sur le vivant, proviennent de divers individus, jeunes et vieux, hommes et femmes. Ils ne diffèrent pas sensiblement de moulages analogues pris sur nos contemporains de race blanche indigène.

M. le Dr Bugnion présente quelques Protées vivants et décrit leur anatomie.

M. le Dr R.-A. Reiss rend compte d'une série d'observations concernant l'*Influence de la chaleur sur les papiers et les plaques photographiques pendant la dessiccation.* Il présente ensuite un appareil destiné à fixer les pièces anatomiques pour la photographie.

M. F. Rittener, de Ste-Croix, présente par l'intermédiaire de M. Paul Jaccard un travail sur les *Phénomènes atmosphériques observés du Chasseron.* Le travail de M. Rittener paraîtra dans les *Bulletins* de la Société vaudoise des sciences naturelles.

Séance du 21 février.

W. Morton. Voyage à Ceylan et à Bornéo. — Constant Dutoit. Présentation d'un nouvel appareil à acétylène. — F. Corboz. Mémoire complémentaire sur la Flore d'Aclens.

M. W. Morton fait une intéressante conférence sur son récent *Voyage à Ceylan et à Bornéo.* Ce travail paraîtra dans les *Bulletins* de la Société vaudoise des sciences naturelles avec l'indication des espèces animales récoltées.

M. Constant Dutoit présente un nouvel appareil très simple pour l'éclairage à l'acétylène.

M. F. Corboz dépose sur le bureau un *Mémoire complémentaire sur la Flore d'Aclens.*

Ensuite d'une revision générale opérée dans mon herbier pendant le courant de l'hiver, je viens aujourd'hui communiquer à la Société un nouveau supplément ou plutôt un *complément* de la flore d'Aclens, dans lequel figurent vingt espèces nouvelles et un certain nombre de formes hybrides, de variations et d'anomalies de nos principales espèces. Quelques-unes de ces observations, faites depuis quelques années, n'avaient pas été consignées dans mes suppléments

précédents par suite d'oubli involontaire, elles compléteront avantageusement les indications qu'ils renferment.

Dans une seconde partie de ce travail je signale quelques stations de plantes rares de la flore suisse, que j'ai observées dans différentes courses d'herborisation faites avec des amis amateurs de botanique, ou qui m'ont été communiquées par eux pour les déterminer. Ces diverses observations soigneusement consignées dans notre *Bulletin*, pourront servir plus tard de matériaux pour compléter la géographie botanique de notre pays, c'est à ce seul titre que je me suis permis d'en donner connaissance à notre honorable société.

Séance du 7 mars.

Maurice Lugeon. Considérations sur le phénomène de plissement des montagnes. — F.-A. Forel. *Unio batavus* dans le Léman

M. Maurice LUGEON présente les résultats généraux d'une étude géologique sur les montagnes des Bauges en France. Cette partie des Alpes de Savoie, formée de plis très réguliers dirigés sensiblement nord-sud et déjetés vers l'ouest, nous permet, grâce à la régularité et à la simplicité du plissement, de déduire des considérations intéressantes sur la formation des montagnes.

A. *La poussée tangentielle produit des effets plus puissants en profondeur qu'en surface.* On constate dans les anticlinaux profondément entamés des Bauges que tandis que des voûtes urgoniennes sont simples, les masses profondes du jurassique supérieur sont souvent plus compliquées. Deux ou trois plis profonds peuvent se traduire dans le crétacique par un pli unique. Ces faits ne sont pas explicables par les phénomènes de continuité de plissement si bien connus dans le bassin de Paris, par exemple. Ici, la poussée s'est faite en même temps sur les masses profondes et sur les superficielles. Des faits semblables ont été décrits par MM. M. Bertrand et Ritter sur la rive droite de l'Arve, dans des plis fortement couchés, alors que dans les Bauges ils sont simplement déjetés. Les manifestations ont été dissemblables

dans ces deux cas, mais la cause a été la même, c'est-à-dire que la poussée tangentielle se propage avec plus d'intensité en profondeur qu'à la surface, sans que la nature des roches entre beaucoup en ligne de compte.

B. *Les ondulations synclinales transversales sont situées sur des angles rentrants des plis.* Ce fait est remarquable pour la vallée du Chéran et de moins en moins sensible vers le nord. On remarque qu'il coïncide avec des lignes de minima de poussée tangentielle. Les plis ont tendance à se serrer et à s'avancer dans les ondulations anticlinales transverses, avec tendance aussi au remplissage des points bas. Le plissement longitudinal semblerait être postérieur à la naissance des dépressions synclinales transversales.

Ces plissements transversaux sont indépendants du cristallin lorsque la nappe sédimentaire est en discordance sur les roches anciennes. Lorsqu'il y a concordance le phénomène se répercute à une grande profondeur.

C. *Il n'y a pas de décrochements transversaux.* Plusieurs géologues ont cru voir des décrochements transversaux sur l'emplacement des vallées du Chéran et d'Annecy-Faverges. L'étude détaillée montre qu'il y a continuité des plis sur les deux versants de ces vallées. Dans les environs de Faverges, cependant, les plis jurassiques sont plus nombreux sur le versant droit. Ils n'existent plus sur le flanc opposé grâce à la présence d'une flexure-faille qui coupe en long toutes les Bauges. Cet accident remarquable, postérieur au plissement, est dû à l'affaissement de la nappe cristalline ; le bord opposé du coin affaissé se voit sur les flancs de Belledonne où il a été étudié par MM. Paquier et Lory. Il est à remarquer que la partie affaissée se trouve dans la direction du synclinal du Reposoir. Les débris de nappe de charriage contenus dans ce dernier sont peut-être la cause, par leur poids, de la formation de cette bande affaissée.

D. Les divers phénomènes étudiés dans les Bauges sont le résultat propre d'une masse qui se plisse, tels les plissements transversaux correspondant avec des maxima ou des minima de propagation de la poussée, tout comme le ridement d'une nappe liquide. On peut donc en quelque sorte comparer les

plissement de la région étudiée comme étant le résultat d'un mouvement ondulatoire figé. La poussée tangentielle se propageant plus facilement en profondeur peut se trahir à la surface par un bombement général de la région, comme elle peut aussi être invisible. On peut donc concevoir l'existence de phénomènes actuels de plissement en profondeur sans qu'ils soient visibles à la surface. Ce n'est qu'une fois le plissement effectué que la montagne est mise en saillie, que de géologique elle devient géographique.

Un mémoire détaillé est actuellement en impression et paraîtra dans le *Bulletin du service de la carte géologique de France.*

M. Lugeon se félicite de l'appui donné par M. Marcel Bertrand (*C. R. sommaire Soc. géol. de France*, 22 janv. 1900) à cette théorie de la formation des montagnes en profondeur. Le savant professeur de l'École des Mines de Paris a pu trouver des preuves péremptoires dans les chaînes houillères et provençale de la pénétration de la mer sur les régions plissées immédiatement après leur formation. A ce propos, M. Lugeon analyse la nouvelle et brillante théorie de la formation des montagnes, que vient d'émettre M. Marcel Bertrand, et des conséquences qui en résultent sur le déplacement des pôles.

M. F.-A. Forel étudie l'habitat de l'*Unio batavus* dans le Léman. Des coquilles subfossiles ont été trouvées en grand nombre dans les anciens rivages du lac, lorsque les eaux étaient de 2 à 5 m. plus élevées que le niveau actuel (Schardt, Lugeon). Dans les ruines du palafitte des Roseaux à Morges (Forel), dans les fouilles du nouveau Casino à Morges, ancien rivage du lac au niveau actuel avec des débris de briques (Forel), dans les puits du moyen-âge de la ville de Morges (Forel).

Les citations de Razoumowsky et de J. de Charpentier, au commencement du XIX[e] siècle sont douteuses; celle du doyen Bridel est une copie altérée de Razoumowsky. Au milieu du XIX[e] siècle G. de Mortillet et Brot qui l'ont cherché attentivement n'en ont trouvé que deux coquilles à l'em-

bouchure du Vengeron et aux Pâquis de Genève. A la fin du XIXe siècle les trouvailles se multiplient : Une valve à l'embouchure du Bief de Lonay (Forel) ; une coquille près de Nyon (Charbonnier) ; des animaux vivants en nombre dans le golfe des Grangettes de Villeneuve (Schardt et Schenk); plusieurs exemplaires à l'embouchure de la Chamberonne à Vidy (Lugeon); un exemplaire vivant à la Pointe à la Bise, près Genève (M. Bedot) ; des dixaines de valves fraîches mais vides de l'animal, dans le delta immergé de la Venoge (Forel).

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE

Séance du 15 mars 1900.

Président. Décès de M. le Dr W. Marcet. — Duparc. Schistes cristallins des Alpes. — Lendner. Quelques levûres genevoises. — Briquet. Un nouveau cas de déhiscence pyxidaire du calice chez les labiées. — Chodat et C. Bernard. Coloration des feuilles de buis. — C. de Candolle. Rapport sur le concours du Prix de Candolle

M. le Président annonce le décès de M. le Dr Marcet, l'un des plus anciens membres de la Société, et exprime les regrets que cette perte fait éprouver à tous ses collègues. Il les a déjà transmis à la famille par une lettre adressée à M. C. de Candolle.

Après avoir rappelé ses principaux travaux en physiologie et la part active qu'il n'a cessé de prendre à nos réunions jusqu'à l'année dernière, M. le président propose de lever la séance pendant un quart d'heure en signe de deuil.

A la reprise de la séance :

M. le prof. Duparc en continuant ses recherches sur les *schistes cristallins des Alpes*, notamment sur les schistes de Casanna a trouvé parmi ces derniers une série de types nouveaux fort intéressants, caractérisés par la présence et le développement du *Chloritoïde.* Ce minéral s'y présente en cristaux assez volumineux; généralement mâclés, montrant les propriétés optiques que l'auteur a déjà observées sur la Chloritoïde de roches métamorphiques des Carpathes Rou-

mains. Dans une prochaine note qui paraîtra dans les *Archives*, M. le prof. Duparc donnera plus de détails sur ces roches intéressantes.

M. Chodat présente au nom de M. Lendner un *Mémoire sur quelques levures genevoises*. Ce travail qui fait suite a des considérations générales sur l'importance des levures sélectionnées, par M. Chodat, a paru dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, avril 1900.

M. Briquet communique à la Société un *nouveau cas de déhiscence pyxidaire du calice chez les Labiées*. Jusqu'à présent, le seul genre *Aeolanthus*, type de l'Afrique tropicale, présentait dans la famille cette particularité d'avoir un calice clos à la maturité et s'ouvrant par une ligne de déhiscence circulaire *régulière* située près de la base du tube, à la facon d'une pyxide. Or, un phénomène analogue se passe dans l'*Hyptis obtusiflora* Presl, espèce du Mexique, de l'Amérique centrale et de la Colombie. Le calice est ici très petit, campanulé et couronné par cinq dents courtes et largement triangulaires, le calice n'est pas accrescent à la maturité, comme c'est le cas dans les espèces considérées comme voisines dans le genre *Hyptis*. Les dents sont conniventes au-dessus des nucules, de façon à fermer complètement l'entrée du tube. Lorsque les nucules ont atteint leurs dimensions de maturité, le tube du calice se déchire circulairement et régulièrement immédiatement au-dessus de la base. Le bonnet formé par le tube et les dents conniventes tombe, entraînant les nucules. Il reste une petite cupule souvent fissurée longitudinalement entre les nervures, contenant au centre une petite colonne carpophorique.

Cette singulière organisation a pu passer jusqu'ici inaperçue à cause de la très grande rareté de cette espèce dans les herbiers. M. Briquet a pu l'observer sur de bons échantillons fructifères récoltés au Costa-Rica par M. Tonduz et dans l'Ecuador par le père Sodiro.

M. Chodat présente en son nom et en celui de M. C. Bernard une note relative à la *coloration des feuilles de Buis*.

On remarque que dans des endroits secs, rocailleux et sablonneux, les feuilles de Buis prennent une vive coloration rouge-orange. Cela est dû à une modification des chromatophores qui de verts deviennent rouge-carotte.

Une autre particularité de ces feuilles, c'est la bande blanche qui, à la face inférieure, longe la nervure moyenne. Les auteurs ont constaté que l'épiderme de cette région est normal, mais que l'assise sous-épidermique comprend un assez grand nombre de cellules cristallifères (oxalate de chaux irrégulièrement mâclé ou en cristaux informes, isolés). Entre ces cristaux est retenu de l'air qui donne à cette région son apparence argentée.

L'air y est retenu plus fortement que celui des méats et ne se laisse déplacer que difficilement par l'alcool. La solution concentrée d'hydrate de chloral le fait disparaître plus rapidement; ces cellules paraissent dépourvues de plasma vivant.

La *Commission du Prix de Candolle* qui s'est réunie aujourd'hui et les trois membres qui la composent, MM. C. de Candolle, M. Micheli et le Dr Briquet sont tombés d'accord pour adresser au Comité de publication de la Société les propositions suivantes :

1° Un premier prix de 500 fr. serait décerné au Dr Lœsener pour sa monographie des Aquifoliacées.

2° Un second prix de 250 fr. serait accordé au Dr Wahmer pour sa monographie du genre Aspergillus.

Ces conclusions sont adoptées.

Séance du 5 avril.

F. Battelli. Un nouveau procédé pour restaurer les fonctions du cœur chez le chien. — Th. Tommasina. Auto-décohération de la poudre de charbon. — Chodat. Les lois de la division cellulaire chez les algues d'eau douce.

Dans une communication précédente[1] M. Battelli avait exposé un procédé pour rappeler à la vie des animaux dont

[1] Voir *Archives,* 1900, t. IX, page 293.

le cœur a cessé de battre. Dans ces expériences, après avoir pratiqué des compressions rythmiques du cœur mis à nu, on appliquait sur cet organe une forte décharge électrique. Celle-ci fait cesser les trémulations fibrillaires des ventricules, et rend au cœur son rythme.

Cette méthode exige un outillage un peu compliqué, aussi M. Battelli a-t-il cherché de simplifier le procédé. L'auteur expose le résultat de ses nouvelles expériences, faites dans ce but au laboratoire de Physiologie de l'Université de Genève.

L'arrêt des battements du cœur chez le chien a été produit dans deux cas par suffocation (occlusion de la trachée) et dans six cas par le passage d'un courant alternatif de 230 volts, prolongé pendant deux secondes, les électrodes étant placées l'une sur le bras gauche, l'autre dans le rectum.

Quelques minutes après l'arrêt du cœur on ouvre le thorax sur le côté gauche, et on pratique les compressions rythmiques du cœur, en même temps qu'on entretient la respiration artificielle. Ces manœuvres sont continuées jusqu'à ce que les trémulations ventriculaires soient bien marquées et que le cœur se remplit bien de sang, ce qui indique le rétablissement des fonctions du centre vaso-moteur. On place alors une électrode, constituée par deux disques métalliques, sur le cœur, et on fait passer pendant 2 ou 3 secondes un courant alternatif de 230 volts. L'autre électrode est placée dans le rectum.

Sous l'effet du passage du courant les trémulations fibrillaires cessent et le cœur reprend son rythme. On suture la plaie du thorax et on suspend la respiration artificielle, en ayant soin de réchauffer l'animal. Peu à peu toutes les fonctions du système nerveux se rétablissent. Ce rétablissement se fait d'autant plus vite et plus complètement que l'on a laissé écouler un laps de temps moins long entre l'arrêt des battements des ventricules et le commencement des compressions rythmiques du cœur.

Un courant alternatif de 115 volts (45 périodes) appliqué directement sur le cœur du chien pris de trémulations ventriculaires, n'est pas suffisant pour les faire cesser ; ce courant

produit au contraire les trémulations sur un cœur qui possède encore son rythme. Le courant alternatif de 230 volts a toujours été suffisant pour faire rebattre le cœur du chien, dans les expériences sur des animaux de moyenne taille (jusqu'à dix kilogrammes); chez deux chiens de grande taille (19 et 24 kilogrammes) les trémulations ventriculaires ont persisté, même après plusieurs applications de ce courant. Pour des animaux de grand taille il faudrait ainsi des courants alternatifs ayant une tension un peu supérieure à 230 volts.

M. Thomas Tommasina communique la constatation de l'*auto-décohération de la poudre de charbon* et l'application qu'il vient de faire de cette découverte aux appareils téléphoniques pour recevoir les signaux de la télégraphie sans fils. Il lit une note sur ce sujet présentée le 2 avril à l'Académie des sciences de Paris, laquelle est reproduite dans ce même numéro des *Archives*.

M. Tommasina présente les deux appareils qu'il a inventés[1], celui qui est décrit dans la note ci-dessus mentionnée et un autre, qui est un cohéreur à limailles métalliques fixé à la lame vibrante d'un téléphone à noyau de fer doux. Cette modification a l'avantage de réunir en un seul, deux appareils, car dans ce dispositif, la lame vibrante fonctionne non seulement, comme récepteur téléphonique des signaux, mais aussi comme trembleur ou décohéreur ; un choc se produisant entre la lame et l'électro-aimant chaque fois que le cohéreur devient conducteur par l'action des ondes électriques.

M. Chodat présente quelques remarques sur les *lois de la division cellulaire chez les algues d'eau douce*. Lorsque les cellules sont allongées comme dans certains Raphidiums (*R. pyrenogerum*) le cloisonnement peut se faire plusieurs fois transversalement *(R. Braunii, R. polymorphum, chlorgonium, euchlorum)*. Il en est de même parfois chez les *Kirchneriella* qui ont la forme d'une faucille allongée.

[1] Voir les dessins et photographies, Pl. III.

Il arrive cependant qu'au premier cloisonnement succède immédiatement une croissance de cellules filles ; le plan de segmentation devient oblique et le nouveau cloisonnement se fera perpendiculairement à cette nouvelle paroi.

Les cellules-filles au lieu d'être ordonnées en série linéaire et de se détacher à cet état (*R. nivale*, Chodat), sont dans ce second cas disposées en croix : deux des cellules filles occupent les extrémités de la cellule mère : les deux autres sont latérales. Ceci s'observe aussi bien dans le genre *Raphidium* que chez *Kirchneriellia* et *Scenedesmus*. Si ces cellules s'accroissent dans la cellule mère, à leur sortie elles seront disposées en série linéaire á éléments alternants externes comme cela est connu depuis longtemps pour les *Scenedesmus*.

Toujours cependant, le premier cloisonnement est transversal. On peut montrer dans le cas des Volvocinées également cette même loi de la segmentation perpendiculaire à la tension maximale. Souvent après segmentation, la cloison se déplace et détermine une direction nouvelle de segmentation.

Séance du 19 avril.

Micheli. Voyage d'exploration botanique de M. Langlassé au Mexique et en Colombie. — Duparc. Sur la chimie du Vanadium. — Lendner. Etude sur les causes qui déterminent la coloration des fausses baies de Juniperus communis. — Chodat et Bernard. Structure des stomates du Buxus Sempervivens.

M. Micheli fait une communication relative au *Voyage d'exploration botanique* qu'a fait pour son compte, en 1898-99 M. Eug. Langlassé de Paris, au Mexique et en Colombie. Le point de départ de l'exploration était la petite ville d'Inguaran dans l'Etat mexicain de Michoacan. Le voyageur a parcouru d'abord la vallée de Las Balsas, puis la région côtière dans les Etats de Michoacan, de Guerrero et la Sierra Madre jusqu'à une altitude de 2600 mètres environ. Revenu à Mexico dans l'été de 1899, il en est reparti pour la Colombie avec mission de récolter des plantes sèches et vivantes dans les vallées extraordinairement riches du Rio-Mira et du Micai entre les ports de Tumaco et de Buenaventura. Malheureu-

sement au moment où, sa mission terminée, il allait repartir pour l'Europe, une attaque de fièvre jaune l'a emporté en quelques jours. Il est mort à Buenaventura le 19 janvier 1900. Du Mexique, Langlassé a envoyé une collection de 1064 plantes sèches, qui seront distribuées dans les herbiers de Genève, du Museum et de M. Drake, à Paris, de Kew, de Berlin, de Mexico. Les légumineuses que M. Micheli a déjà étudiées renferment nombre de spécimens intéressants, soit comme nouveautés, soit comme types de distribution géographique. Les autres familles donneront probablement des résultats analogues. Les plantes vivantes au nombre de 150 environ sont arrivées en général dans de bonnes conditions et se développent normalement. Parmi celles qui ont déjà fleuri, on peut citer un Lycaste, un Hymenocallis et un Mina nouveaux et deux aroïdées (Philodendron radiatum et Xanthosoma Hoffmanni) qui n'avaient jamais été introduites vivantes. Les plantes expédiées de Colombie (surtout des Orchidées) ont beaucoup souffert du voyage et un certain nombre d'Orchidées seules promettent un développement ultérieur.

M. le prof. Duparc entretient la Société des recherches qu'il poursuit depuis plus d'un an en collaboration avec le Dr Pearce, sur la *chimie du Vanadium* et sur les moyens de séparer cet élément de l'alumine dans les combinaisons naturelles où ces deux métaux se trouvent réunis. Ces messieurs ont expérimenté une foule de méthodes qui toutes se sont montrées inexactes, la silice et l'alumine retenant l'acide vanadique avec une grande énergie.

La méthode préconisée par M. Carnot, notamment, qui consiste à éliminer la silice par HF., précipiter le fer par $(NH_4)_2S$ en présence d'acide citrique et éliminer le Vanadium dans la solution filtrée par un acide faible, est absolument inapplicable. Des essais sur des argiles vanadifères naturelles et sur des produits dans lesquels on avait introduit des quantités variables d'acide vanadique, n'ont donné aucun résultat ; le sulfure de vanadium, en effet, ne reprécipite plus en présence de l'acide citrique. Ces messieurs ont alors

appliqué pour le dosage du Vanadium la méthode colorimétrique qui donne d'excellents résultats en opérant dans des conditions identiques. Le réactif choisi a été alors l'eau oxygénée. Dans une dernière série d'expériences MM. Duparc et Pearce sont arrivés à précipiter le Vanadium en présence d'acide citrique sous forme d'un sel de thallium qui est complètement insoluble. La réaction paraît quantitative, la solution filtrée ne renferme plus de traces de Vanadium. Cette méthode paraît devoir s'appliquer pour la séparation de ce métal d'avec l'alumine, les recherches dans ce sens se continuent.

M. Chodat présente au nom de M. Lendner un mémoire intitulé : *Etude sur les causes qui déterminent la coloration des fausses-baies du Juniperus communis.*

Dans un travail publié à la fin de l'année 1899, Nestler avait attiré l'attention sur le fait que les baies de *Juniperus communis* se trouvaient constamment envahies par des hyphes de champignons. Cet auteur pensait que ces hyphes étaient la cause de la tranformation de couleur des baies vertes, en baies noires.

Avant leur maturité les fausses-baies du genévrier possédent, dans leurs cellules, des masses homogènes jaunes qui brunissent à mesure que le fruit mûrit. Ces masses brunes qui donnent à tout le fruit sa couleur foncée, présentent les réactions des tannoïdes, se colorent en vert noirâtre par le perchlorure de fer et en brun par le bichromate de potasse.

Nestler croyait donc que le changement de couleur de ces masses était dû à la présence du champignon, parce que lorsqu'il inoculait celui-ci à des baies restées vertes, il les voyait noircir au bout de 24 heures. Au contraire, des blessures faites à des fruits verts, au moyen d'une pointe stérilisée ne donnaient lieu à aucun changement.

M. Lendner a pensé qu'il serait intéressant de vérifier ce fait, ainsi que de rechercher quelle était la nature du champignon. Il retrouva les hyphes en question dans quelques-uns des fruits observés. Mais à l'examen d'un plus grand nombre, il se convainquit que la présence du champignon

était loin d'être aussi fréquente que ne l'affirmait Nestler, et qu'on ne peut, par conséquent, pas en tirer des conclusions sur leur action dans la maturation des fruits.

En effet, sur une trentaine de fruits mûrs examinés, huit seulement présentaient des hyphes. L'examen de baies qui avaient été parafinées, puis colorées à la safranine et coupées au microtôme, confirmèrent les premiers résultats.

Les sections de fruits verts montrent que les cellules épidermiques et hypodermiques sont remplies d'une substance jaune ayant les réactions des tannoïdes.

Ce tannoïde se transforme dans les fruits plus âgés, en une autre substance de même couleur, mais homogène qui possède en outre les réactions micro-chimiques des résines. Ces dernières se transforment peu à peu dans les fruits mûrs, en résine de plus en plus foncée. Ce changement de couleur provient du tannoïde, car sa dissolution dans l'eau, obtenue en laissant macérer les baies vertes dans ce liquide, se transforme en présence de l'air au point de devenir complètement brune ; exactement comme le font les globules observés dans les baies.

M. Lendner a remarqué aussi qu'en blessant des baies vertes, au moyen d'une pointe stérilisée, un changement de couleur avait lieu au bout de 24 heures, si l'expérience se faisait en présence de l'air. Au contraire, dans un récipient fermé, dans lequel l'air avait été remplacé par l'anhydride carbonique les baies n'ont pas noirci au bout de 3 jours, elles ont pris une légère coloration jaune-brunâtre claire.

Il en a conclu, que c'est l'oxygène de l'air qui est cause du noircissement des baies de genièvre à leur maturité.

M. Chodat présente en son nom et en celui de M. Bernard, une note relative à la *structure des stomates du Buxus sempervirens*. On sait que les stomates de cette plante possèdent une arête en anneau elliptique qui se remarque très bien de face. Dans une section transversale passant perpendiculairement au milieu de la fente, la cellule de bordure montre un bec très accentué; la paroi externe est très épaissie et cutinisée ; il n'y a pas de charnière articulant cette cellule vis-à-

vis de sa cellule annexe. La forme générale de la cellule de bordure rappelle celle des Iridées, mais la paroi dorsale y est beaucoup moins étendue et moins amincie. Cette cellule ne paraît pas pouvoir se mouvoir par son activité propre, quand même elle contient de la chlorophylle. La cellule annexe visible sur cette section médiane, a sa paroi externe également très épaissie; elle s'insère obliquement sur la cellule de bordure. En continuité avec la cellule annexe se trouve une cellule un peu arquée qui se glisse sous la cellule stomatique et se prolonge en une papille qui atteint la fente sous-stomatique. Cette même disposition se répétant des deux côtés, l'appareil stomatique paraît dédoublé.

Il est évident que cette cellule sous-stomatique est le produit de la division de la cellule annexe.

L'épiderme détaché, examiné à sa face interne, montre ordinairement 6 cellules annexes dont les cellules-sœurs viennent se glisser sous l'appareil stomatique, chacune se prolongeant dans la papille déjà signalée. La paroi de ces cellules est très mince. En section longitudinale, c'est-à-dire parallèle à la fente, la cellule de bordure se présente comme munie dedeux bourses pendant aux deux extrémités, tandis que la région moyenne est étroite et a ses parois épaissies. Sur cette même section apparaissent, vues de face, les 3 papilles des cellules sous-stomatiques.

L'impossibilité dans lequel il semble que soient ces cellules de bordure d'effectuer un mouvement actif, fait supposer que les cellules sous-stomatiques sont les organes moteurs.

En se renflant elles entraîneraient les cellules de bordure ce qui produirait l'ouverture de la fente.

Ce cas curieux d'appareil stomatique a paru assez intéressant pour être signalé.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

AVRIL 1900

Le 1er, forte bise pendant tout le jour.
2, forte gelée blanche le matin; forte bise à 10 h du matin.
3, gelée blanche le matin.
4, pluie de 7 h. du matin à 1 h. du soir et à 9 h. du soir; fort vent à 7 h. et à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
5, pluie dans la nuit, à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; grésil à 11 h. 30 m. du matin; fort vent à 10 h. du matin.
7, faible gelée blanche le matin; forte bise à 4 h. du soir; quelques gouttes de pluie à 7 h. 45 m. du soir.
8, forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir; pluie à 1 h., à 4 h. et à 7 h. du soir.
9, forte bise de 10 h. du matin à 1 h. du soir.
10, forte gelée blanche le matin; forte bise à 1 h. du soir.
11, fort vent à 4 h. du soir et depuis 9 h. du soir.
12, fort vent de 7 h. à 10 h. du matin; pluie de 7 h. à 10 h. du matin et à 4 h. du soir.
13, fort vent de 10 h. du matin à 7 h. du soir; pluie de 7 h. à 9 h. du soir.
14, pluie dans la nuit.
15, très forte rosée le matin.
16, fort vent de 10 h. du matin à 10 h. du soir; pluie de 1 h. à 7 h. du soir.
17, pluie dans la nuit; nouvelle neige sur les montagnes environnantes
18, forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
19, forte bise pendant tout le jour.
20, légère gelée blanche le matin.
21, forte rosée le matin.
22, forte rosée le matin.
23, rosée le matin; orageux; quelques gouttes de pluie depuis 2 h. 30 m. du soir; forte bise à 4 h. et à 9 h. du soir.
24, forte rosée le matin; averse avant 7 h. du soir.
25, très forte rosée le matin.
26, rosée le matin; forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.
27, rosée le matin; pluie depuis 1 h. du soir.
28, pluie dans la nuit.
29, légère pluie à 9 h. 40 m. du matin et depuis 10 h. du soir; orage de 3 h. à 3 h. 30 m. du soir; fort vent à 7 h. du soir.
30, pluie dans la nuit, à 1 h. et à 7 h. du soir; fort vent à 1 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à minuit	727,81	Le 1er à 11 h. soir	724,69
8 à 11 h. soir	720,19	8 à 4 h. matin	713,37
15 à 1 h. matin	733,68	14 à minuit	731,17
16 à 1 h. matin	731,21	16 à 6 h. soir	729,09
20 à 9 h. matin	738,27	20 à minuit	735,20
25 à 11 h. soir	723,20	25 à 4 h. matin	720,75
30 à 11 h. soir	726,33	30 à 4 h. matin	723,19

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIÈRES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	41.2	37.0	38.0	52.0	34.8	33.8

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	53.7	48.6	54.8	52.5	*	37.0

* Pluviomètre en réparation

GENEVE. — AVRIL 1900.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Ecart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	+ °	°	
1	726,49	+ 1,96	724,69	727,81	+ 1,83	— 5,00	— 1,0	+ 5,1	602	—116	450	750	...	..	NNE. 3	35,0	0,67	7,5	...	.....	69,0
2	723,49	— 1,03	723,17	724,55	+ 2,29	— 4,68	— 2,2	+ 6,3	659	— 57	380	840	...	..	NNE. 3	30,0	0,47	8,6	4,8	— 2,5	65,0
3	724,83	+ 0,32	723,01	726,23	+ 2,26	— 4,84	— 2,9	+ 7,6	640	— 74	330	880	...	..	var.	14,0	0,15	8,1	5,0	— 2,4	65,0
4	719,89	— 4,61	718,93	722,28	+ 4,24	— 3,00	+ 0,8	+ 7,8	789	+ 76	600	930	3,8	5	SSW. 2	16,0	0,88	1,2	5,1	— 2,4	62,0
5	720,57	— 3,92	718,97	723,46	+ 5,55	— 1,83	+ 1,6	+10,1	794	+ 83	580	950	8,2	5	var.	8,3	0,93	4,2	6,0	— 1,6	63,7
6	724,30	— 0,19	721,16	725,69	+ 4,82	— 2,69	+ 0,6	+10,7	768	+ 58	550	940	0,1	..	var.	5,8	0,52	8,1	6,1	— 1,6	63,0
7	717,87	— 6,61	715,67	721,79	+ 4,38	— 3,27	— 0,2	+ 9,0	736	+ 28	520	910	0,5	..	N. 1	6,9	0,62	7,0	6,9	— 0,9	63,0
8	716,41	— 8,07	714,37	720,19	+ 5,41	— 2,38	+ 2,4	+ 8,5	729	+ 22	550	900	0,1	..	NNE. 1	10,0	0,90	0,6	...	.....	65,0
9	719,70	— 4,78	718,66	720,90	+ 5,17	— 2,76	+ 2,1	+ 7,9	605	—101	450	750	...	..	NNE. 1	10,0	0,87	3,0	7,0	— 0,9	64,5
10	723,33	— 1,16	721,09	726,25	+ 5,59	— 2,48	— 1,0	+10,0	600	—104	410	830	...	..	var.	6,3	0,67	6,3	7,1	— 0,9	63,5
11	727,73	+ 3,24	726,48	728,85	+10,50	+ 2,29	+ 4,7	+15,5	535	—168	340	750	...	..	SSW. 1	7,5	0,73	5,7	7,2	— 0,9	64,3
12	727,80	+ 3,30	725,26	730,99	+ 9,85	+ 1,50	+ 7,3	+12,5	705	+ 3	500	860	6,0	6	var.	11,5	0,83	2,3	7,6	— 0,6	63,0
13	729,74	+ 5,23	728,42	730,84	+ 9,09	+ 0,60	+ 5,0	+12,5	710	+ 9	570	860	6,8	7	SSW. 1	13,6	0,97	0,0	7,5	— 0,8	62,5
14	732,56	+ 8,04	731,17	733,44	+11,96	+ 3,33	+ 6,5	+17,7	629	— 71	330	900	0,4	..	var.	5,8	0,13	11,0	7,8	— 0,6	64,8
15	732,45	+ 7,92	730,69	733,68	+12,65	+ 3,88	+ 2,9	+22,4	550	—150	260	820	...	..	var.	5,8	0,07	10,8	...	.....	66,0
16	730,21	+ 5,66	729,09	731,24	+14,31	+ 5,40	+ 8,5	+19,0	517	—182	330	850	2,4	4	SSW. 1	12,4	0,97	1,5	...	.....	66,0
17	732,33	+ 7,77	730,31	733,54	+ 7,63	— 1,42	+ 5,3	+10,3	590	—108	450	730	0,5	..	N. 1	6,9	0,88	2,3	8,0	— 0,7	67,0
18	732,90	+ 8,32	732,45	733,87	+ 8,00	— 1,19	+ 3,8	+12,4	621	— 76	420	810	...	..	NNE. 1	13,6	0,47	5,9	8,2	— 0,6	69,5
19	734,23	+10,63	733,61	735,20	+ 8,59	— 0,75	+ 4,9	+11,6	599	— 98	470	750	...	..	NNE. 3	30,2	0,07	11,7	7,6	— 1,3	71,8
20	736,68	+12,06	735,20	738,27	+ 9,27	— 0,21	+ 3,0	+14,9	510	—186	340	640	...	..	N. 1	6,9	0,00	12,2	7,5	— 1,4	69,5
21	735,46	+10,82	733,00	737,40	+10,56	+ 0,94	+ 3,1	+16,9	626	— 70	380	900	...	..	N. 1	3,3	0,00	12,0	8,7	— 0,4	71,0
22	730,54	+ 5,87	728,29	733,21	+12,96	+ 3,20	+ 4,9	+20,9	589	—106	320	880	...	..	calme	1,4	0,00	12,2	...	.....	71,5
23	725,85	+ 1,16	723,76	728,38	+14,66	+ 4,75	+ 6,9	+24,3	579	—116	340	850	...	..	var.	3,3	0,57	8,4	9,3	0,0	73,5
24	722,12	— 2,60	720,88	723,59	+11,51	+ 1,46	+ 7,1	+17,4	714	+ 19	560	850	0,4	..	N. 1	3,8	0,55	6,9	9,6	+ 0,2	75,5
25	721,57	— 3,18	720,75	723,20	+11,49	+ 1,29	+ 5,8	+17,5	692	— 3	430	890	...	..	N. 1	5,2	0,28	9,6	10,5	+ 1,0	77,0
26	724,42	— 0,36	722,23	725,52	+ 8,91	— 1,43	+ 4,8	+11,4	680	— 14	590	760	...	..	NNE. 2	15,7	0,07	11,4	10,3	+ 0,7	79,0
27	723,43	— 1,38	722,29	724,76	+ 7,99	— 2,49	+ 2,4	+12,0	786	+ 92	600	1000	6,4	11	var.	2,1	1,00	0,0	11,0	+ 1,3	80,0
28	722,87	— 1,97	722,15	723,61	+10,50	— 0,13	+ 7,4	+15,5	840	+146	630	1000	1,4	6	N. 1	3,3	0,92	1,4	10,9	+ 1,1	81,2
29	722,78	— 2,10	721,46	723,96	+12,48	+ 1,71	+ 8,3	+18,7	795	+101	560	920	4,2	3	SW. 1	1,4	0,93	3,1	...	.....	84,0
30	724,44	— 0,47	723,19	726,33	+10,92	0,00	+ 8,8	+15,5	860	+166	660	980	7,4	6	SSW. 1	13,0	0,95	1,6	10,4	+ 0,4	81,0
Mois	726,23	+ 1,46			+ 8,51	— 0,46			668	— 29						10,30	0,57		7,92	—0,86	69,39

MOYENNES DU MOIS D'AVRIL 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	721,88	721,57	721,74	721,81	721,64	721,06	721,72	722,08
2e »	731,39	731,46	731,94	732,14	731,72	731,26	731,34	732,04
3e »	725,76	725,62	726,05	725,92	725,16	724,46	724,60	725,21
Mois	726,34	726,22	726,64	726,56	726,17	725,59	725,89	726,44

Température.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0
1re déc.	+ 1,95	+ 1,61	+ 1,80	+ 4,79	+ 6,80	+ 7,35	+ 5,47	− 3,46
2e »	+ 8,02	+ 6,85	+ 7,51	+ 10,97	+ 13,44	+ 13,45	+ 11,75	+ 9,49
3e »	+ 8,18	+ 6,88	+ 8,36	+ 12,43	+ 14,86	+ 15,35	+ 12,97	+ 10,56
Mois	+ 6,05	+ 5,11	+ 5,89	+ 9,40	+ 11,70	+ 12,05	+ 10,06	+ 7,84

Fraction de saturation en millièmes.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
1re décade	777	786	827	674	564	522	616	771
2e »	652	703	731	558	463	470	553	643
3e »	822	869	839	618	565	568	679	769
Mois	750	786	799	617	531	520	616	728

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	0	0	0		h.	kil. p. h.	mm	cm
1re déc.	+ 0,02	+ 8,30	6,00	0,67	54,6	14,23	12,7	64,37
2e »	+ 5,19	+ 14,88	7,67	0,51	63,4	11,42	16,1	66,44
3e »	+ 5,95	+ 17,01	10,09	0,53	66,6	5,25	19,8	77,37
Mois	+ 3,72	+ 13,40	7,92	0,57	184,6	10,30	48,6	69,39

Dans ce mois l'air a été calme 22,2 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 2,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 4° E. et son intensité est égale à 32,4 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AVRIL 1900

Le 1er, forte bise et brouillard depuis 7 h. du soir.

2, forte bise depuis 10 h. du matin; brouillard à 7 h. et neige à 10 h. du soir.

3, forte bise à 7 h. du matin.

4, fort vent et neige le matin jusqu'à 4 h. du soir.

5, neige à 4 h. du soir.

6, forte bise et brouillard depuis 7 h. du soir.

7, forte bise et brouillard à 10 h. du soir.

8, forte bise pendant tout le jour; brouillard à 7 h. du matin et à 7 h. du soir; neige à 10 h. du soir

9, forte bise et neige jusqu'à 10 h. du matin; brouillard depuis 4 h. du soir.

10, forte bise à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir.

12 forte bise à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir; neige à 10 h. du matin et à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.

13, neige depuis 4 h. du soir; forte bise à 10 h. du soir.

14, forte bise de 10 h. du matin à 4 h. du soir.

16, neige à 4 h. et à 10 h. du soir; brouillard à 7 h. du soir.

17, très forte bise pendant tout le jour.

18, forte bise le matin jusqu'à 4 h. du soir.

24, neige à 7 h. du matin; brouillard à 4 h. du soir.

26, forte bise et brouillard à 7 h. du matin.

27, brouillard à 7 h. du matin; neige depuis 10 h. du matin.

28, brouillard depuis 4 h. du soir; fort vent à 10 h. du soir.

29, brouillard depuis 4 h. du soir; fort vent depuis 10 h. du soir.

30, neige de 1 h. à 4 h. du soir et depuis 10 h. du soir; brouillard à 7 h. et forte bise à 10 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1er à 1 h matin	558,80	Le 1er à 11 h. soir...........	557,00
8 à 10 h. soir	553,90	8 à 5 h matin	549,70
15 à 9 h. soir	571,50	15 à 4 h. matin	570,00
17 à 9 h. soir	565,85	17 à 4 h. matin	562,30
21 à 1 h. matin	572,80	21 à 11 h. soir...........	571,00
25 à 11 h. soir..	561,00	25 à 4 h. matin	559,00
30 à 11 h. soir	562,50	30 à 4 h. matin	561,70

SAINT-BERNARD. — AVRIL 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum. observé au barographe	Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum absolu.	Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim.	millim	millim.	millim.	°	°	°	°	cm.	mm				
1	557.79	— 2,56	557,00	558.80	—12,23	— 6.75	—16,8	— 7,3	.....	.....	....	NE.	1	0,40
2	555,18	— 5,22	554,61	556,80	—13,51	— 8,15	—16,8	— 9,7	.....	.....	....	NE.	2	0,37
3	557,08	— 3,38	555,60	558,40	—12,44	— 7,20	—17,7	— 8,3	.....	.....	....	NE.	1	0,03
4	556,71	— 3,81	556,18	558,10	—11,68	— 6,56	—14,3	— 7,2	13,5	12,0	....	SW.	2	0,73
5	556,23	— 4,35	555,59	557,60	— 9,13	— 4,14	—12,3	— 3,3	.....	.....	....	SW.	1	0,32
6	558.07	— 2,57	557,20	558,65	— 9,51	— 4,65	—13,6	— 5,0	.....	.....	....	NE.	1	0,53
7	553,26	— 6.45	549,80	557,10	— 9,41	— 4.67	—13,6	— 5.2	.....	.....	....	NE.	1	0,37
8	551,44	— 9,34	549,70	553,90	— 9,21	— 4,60	—10,8	— 6,5	7,0	6,2	....	NE.	2	0,83
9	553,78	— 7.07	553,30	554,70	— 9.93	— 5,45	—11,8	— 6,2	.....	.....	....	NE.	1	0,88
10	557,14	— 3 78	554,80	560,80	— 9,68	— 5,33	—12,3	— 6,3	.....	.....	....	NE.	2	0,52
11	563,33	+ 2,34	561,00	564,80	— 2,63	+ 1,59	—13,8	+ 5,2	.....	.....	....	var.		0,13
12	563,54	+ 2,48	562,00	565,20	— 4,81	— 0,72	— 7,2	+ 4,1	.....	.....	....	NE.	2	0,98
13	564,89	+ 3,75	563,60	565,40	— 3,14	+ 0,82	— 8,3	+ 4,0	5,0	13,0	....	NE.	1	0,67
14	567,66	+ 6,44	564,60	570,00	— 3,11	+ 0,72	— 6,9	+ 5,0	.....	.....	....	NE.	2	0,05
15	570,91	+ 9,61	570,00	571,50	+ 1,57	+ 5,26	— 1,2	+10,7	.....	.....	....	SW.	1	0,07
16	568,13	+ 6,75	564,80	571,30	— 0,26	+ 3,29	— 6,0	+ 9,7	28,0	26,0	....	var.		0,73
17	564,43	+ 2,97	562,30	565,80	— 8,43	— 5,02	—10,8	— 4,3	.....	.....	....	NE.	3	0,13
18	566,00	+ 4,46	565,46	567,30	— 6,84	— 3,57	—10,3	— 2,2	.....	.....	....	NE.	2	0,23
19	568,38	+ 6,76	567,10	570,10	— 4,48	— 1,35	—10,3	+ 3,9	.....	.....	....	NE.	1	0,08
20	571,45	+ 9,74	569,90	572,55	— 1,68	+ 1,31	— 7,7	+ 4,7	.....	.....	....	SW.	1	0,03
21	572,13	+10,33	571,00	572,80	— 0,41	+ 2,74	— 4,0	+ 6,8	.....	.....	....	SW.	1	0,00
22	569,17	+ 7,28	568,40	571,10	+ 1,72	+ 4,43	— 3,4	+ 8,6	.....	.....	....	NE.	1	0,00
23	565,84	+ 3,86	563,00	568,40	+ 0,37	+ 2,94	— 1,4	+ 6,1	.....	3,0	....	NE.	1	0,37
24	561,35	— 0,72	560,68	563,30	— 0,73	+ 1,70	— 3,8	+ 5,7	6,0	8,0	....	NE.	1	0,80
25	559,83	— 2,33	559,00	561,00	— 2,66	— 0,37	— 5,0	+ 1,2	.....	.....	....	NE.	1	0,40
26	561,75	— 0,50	561,00	562,42	— 1,76	+ 0,38	— 5,3	+ 2,2	.....	.....	....	NE.	1	0,20
27	561,47	— 0,87	560,90	562,20	— 2,48	— 0,49	— 4,0	+ 3,7	15,0	13,0	....	SW.	1	1,00
28	561,08	— 1,35	560,50	561,84	+ 0,41	+ 2,26	— 3,8	+ 9,5	12,0	14,0	....	var.		0,53
29	561,97	— 0,55	561,00	562,45	— 0,61	+ 1,10	— 2,0	+ 5,5	5,0	7,3	....	SW.	1	0,83
30	561 99	— 0,63	561,70	562,50	- 2,08	— 0,51	— 4,6	+ 5,7	4,0	13,0	....	SW.	1	0,90
Mois	562 07	+ 0,44			— 4,95	— 1,68								0,44

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — AVRIL 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	555,89	555,35	555,15	555,39	555,52	555,62	556,15	556,26
2e » ...	566,42	566,17	566,56	566,94	567,00	567,13	567,26	567,50
3e » ...	564,16	563,66	563,63	563,79	563,69	563,41	563,38	563,54
Mois	562,16	561,73	561,78	562,04	562,07	562,05	562,26	562,43

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 11,29	— 8,52	— 7,01	— 8,17	— 10,77	— 11,33
2e » ...	— 5,07	— 0,70	+ 0,59	— 0,69	— 3,13	— 4,34
3e » ...	— 1,04	+ 1,35	+ 2,95	+ 1,76	— 1,34	— 1,49
Mois	— 5,80	— 2,62	— 1,16	— 2,37	— 5,08	— 5,72

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 14,00	— 6,50	0,50	18,2	20,5
2e » ...	— 8,25	+ 4,08	0,31	39,0	33,0
3e » ...	— 3,93	+ 5,50	0,50	58,3	42,0
Mois	— 8,73	+ 1,03	0,44	115,5	95,5

Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 2,64 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 58,3 sur 100.

EXPLICATION DES FIGURES

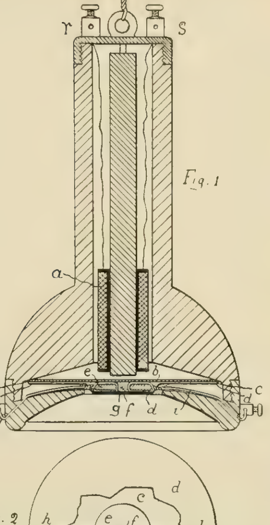
Fig. 1, 2, 3

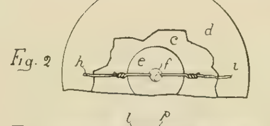
[illegible]

Fig. 6

a étui du récepteur

[illegible]





Coupes schématiques du Téléphone-cohéreur.

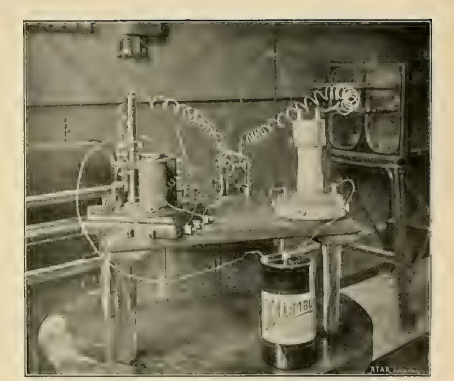
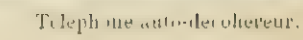


Fig. 4. — Dispositif récepteur du Téléphone-cohéreur.



Téléphone cohéreur Fig. 5.  Téléphone auto-décohéreur.

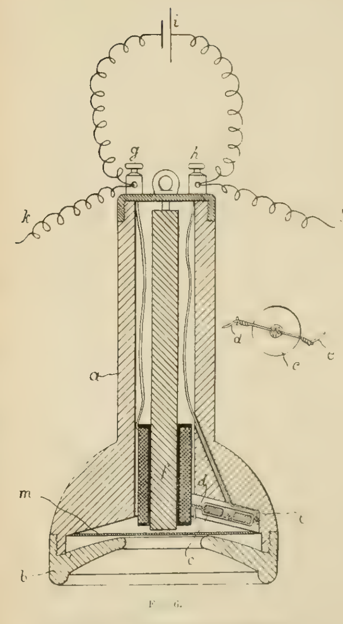


Fig. 6.

Coupe schématique du Téléphone auto-décohéreur.

Fig. 1.

Fig. 4.
1:4

Fig. 5.
1:4

Fig. 2.

Fig. 3.

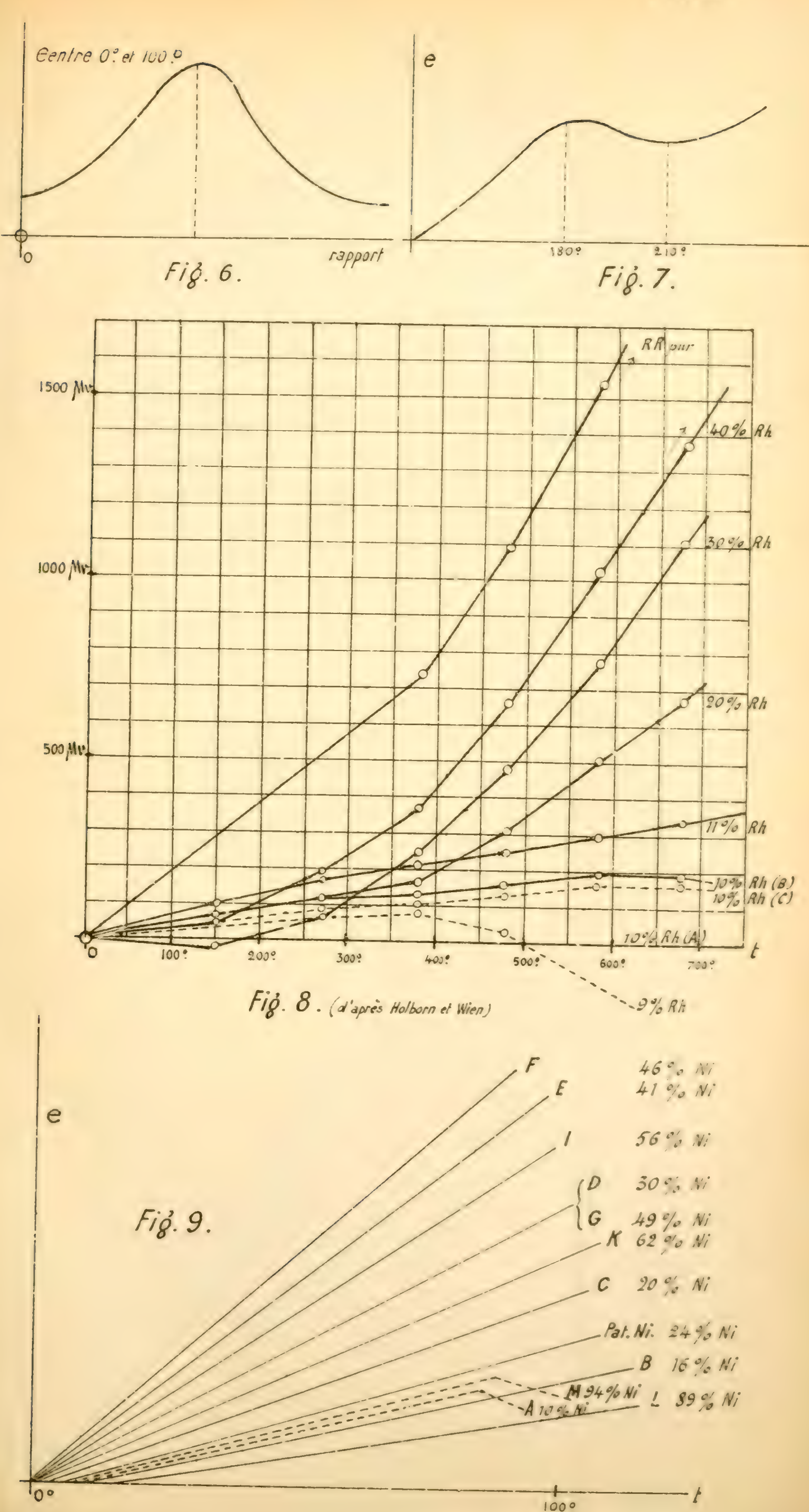


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8. (d'après Holborn et Wien)

Fig. 9.

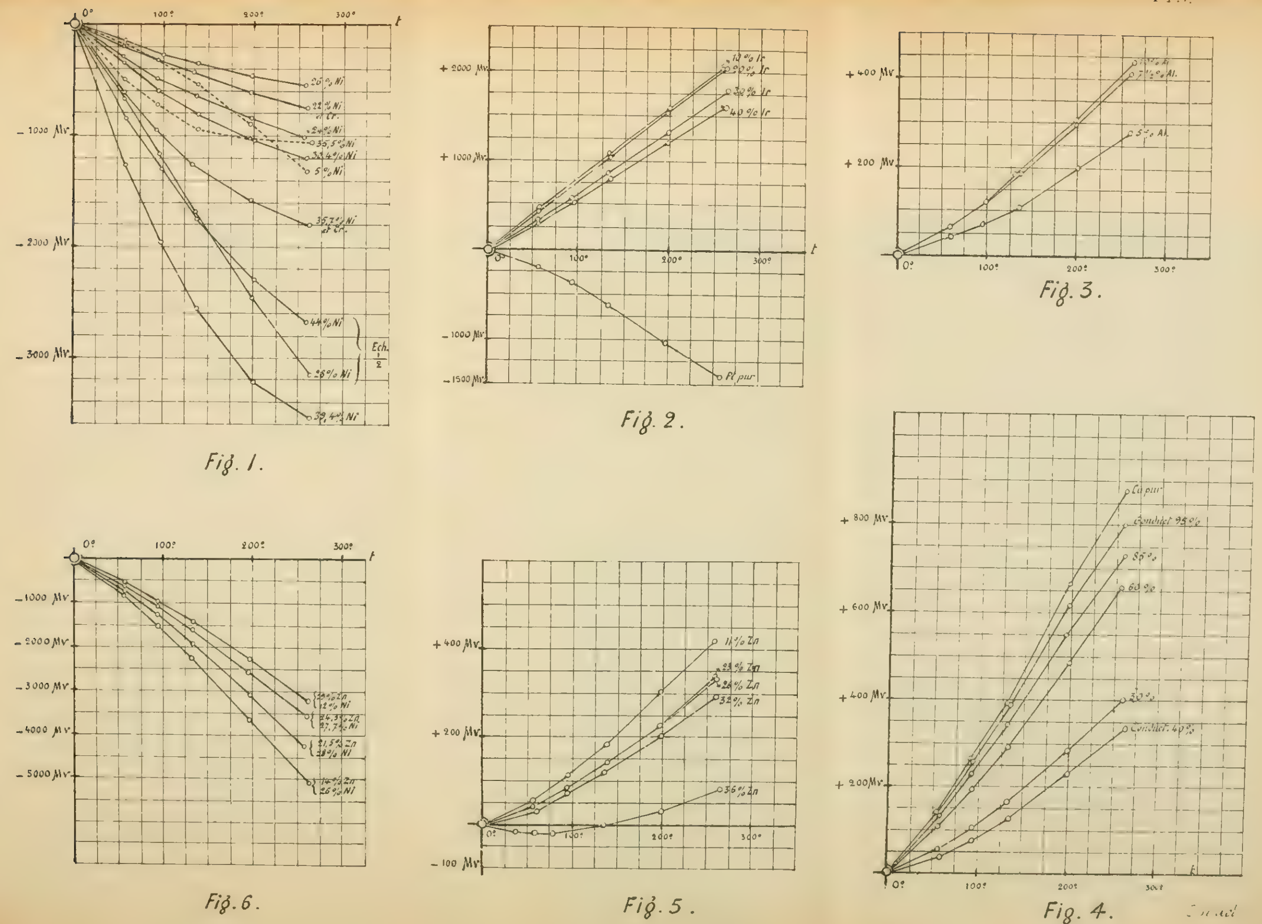


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

ÉTUDES NUMÉRIQUES

SUR

L'ÉQUATION DES FLUIDES

PAR

MM. Ph.-A. Guye et L. Friderich.

PREMIÈRE PARTIE

DÉTERMINATION DES CONSTANTES *a* ET *b* DE L'ÉQUATION DE M. VAN DER WAALS.

Introduction.

Bien que la théorie de M. van der Waals ait été l'objet de nombreux travaux depuis l'époque où elle a été publiée, on reste frappé d'un fait, c'est que la plupart des auteurs qui se sont occupés de cette question ont très rarement déterminé les valeurs numériques des constantes caractéristiques *a* et *b* envisagées dans cette théorie. Et pourtant ce ne sont pas les observations qui manquent; de nombreuses déterminations des éléments critiques ont été faites, dont plusieurs avec beaucoup de soin, sans que celles-ci aient été utilisées par les expérimentateurs pour le calcul de ces constantes.

Nous avons pensé que les motifs de cette abstention résidaient d'une part dans le fait qu'une certaine confu-

sion paraît s'être établie entre les deux formes de l'équation caractéristique des fluides, suivant que celle-ci est rapportée à l'unité de volume du gaz pris à zéro et sous la pression d'une atmosphère ou à l'unité de masse du gaz considéré. D'autre part, le calcul des valeurs de *a* et de *b*, dans le premier cas, dépend de la résolution d'une équatation du 3me degré; bien que cette opération ne présente aucune difficulté spéciale, il n'est pas impossible que certains auteurs aient reculé devant la longeur des calculs qui en résultent[1].

Il nous a semblé qu'il pouvait donc y avoir une certaine utilité à revenir sur ces questions avec quelques détails, en vue de préciser les méthodes de calcul à employer, suivant que l'on adopte l'une ou l'autre des deux formes caractéristiques, et à publier des tables complètes des valeurs numériques de *a* et de *b*, pour tous les corps dont on connait les éléments critiques. En effet, malgré ses imperfections, la formule de M. van der Waals est employée avec avantage dans une série de questions où l'on n'a en vue que des solutions approchées; la connaissance des constantes *a* et *b* simplifiera donc la tâche de ceux qui auront à en faire usage.

D'autre part cette connaissance paraît indispensable pour pousser plus loin les tentatives qui ont été faites de

[1] A notre connaissance ce calcul a été fait d'abord par M. Roth Wied. *Ann.* 11, p. 35, 1880), qui a publié une table des valeurs de *a* et de *b*, reproduite un peu partout, bien que l'on ait actuellement des mesures de constantes critiques beaucoup plus exactes que celles dont on disposait alors ; puis, par M. Altschul (*Zeitsch. f. phys. Chem.* t. 12, p. 577), qui a calculé les valeurs de *a* et de *b*, pour les hydrocarbures dont il a déterminé les éléments critiques. Un très grand nombre de mesures sont donc restées complètement inutilisées à cet égard.

divers côtés en vue d'introduire dans l'équation des fluides, des termes correctifs qui lui donnent plus de rigueur ; on sait que, dans la plupart des cas, on a cherché à atteindre ce résultat en faisant du terme a une fonction de la température et du terme b une fonction du volume. On reconnaîtra que la connaissance préalable de ces deux constantes ou des méthodes de calcul qui permettent de les déterminer rapidement pourra avoir son utilité au cours des recherches ultérieures qui pourront être entreprises sur ces questions.

Tels sont les motifs qui nous ont engagés à publier les résultats complets de nos calculs sur ce sujet : on nous pardonnera d'entrer dans quelques détails un peu élémentaires, concernant la résolution numérique de l'équation du 3me degré envisagée dans cette étude : à défaut d'autre mérite, nous espérons qu'il simplifieront la tâche des expérimentateurs peu familiarisés avec ces questions de calcul numérique ou qui les ont un peu perdues de vue.

I. Les deux formes de l'équation des fluides.

L'équation caractéristique des fluides, telle que l'a donnée M. van der Waals[1] est de la forme :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)\left(V - b\right) = \left(P_0 + \frac{a}{V_0^2}\right)\left(V_0 - b\right)\left(1 + \alpha t\right)$$

dans laquelle V représente le volume du fluide à la pression P et à la température t ; P_0 et V_0 les valeurs initiales de la pression et du volume à la température de 0°.

[1] Van der Waals. Continuität, etc. deuxième édition. 1899, t. I, p. 69.

Cette équation peut se simplifier lorsqu'on prend comme unités de pression et de volume les valeurs initiales P_0 et V_0 à la température de 0°. Posant alors $P_0 = 1$ et $V_0 = 1$ il vient

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)\left(V - b\right) = \left(1 + a\right)\left(1 - b\right)\left(1 + \alpha t\right) \quad (a)$$

Pour abréger nous désignerons cette équation sous le nom d'*équation des fluides rapportée au volume initial unité.*

Ceci posé, l'on démontre[1] qu'entre les éléments du point critique, température, pression et volume critiques, t_c, P_c et V_c, et les paramètres a, b et α de cette équation il existe les relations suivantes

$$V_c = 3b \qquad P_c = \frac{a}{27\, b^2}$$

$$\left(1 + \alpha\, t_c\right) = \frac{1}{27}\,\frac{a}{(1+a)}\,\frac{1}{b\,(1-b)}$$

Par définition on a :

$$\alpha = \frac{1}{273} \text{ et } T_c = t_c + 273$$

La dernière relation peut donc s'écrire

$$T_c = \frac{8}{27}\,\frac{a}{(1+a)}\,\frac{273}{b\,(1-b)}$$

Ces formules permettent de déterminer les valeurs des constantes a et b lorsqu'on connait la température et la pression critiques ; dans ce cas, la valeur de b est donnée par une équation du 3[me] degré en b ; celles-ci, une fois résolue, permet aisément de trouver la valeur de a.

[1] Van der Waals : loc. cit., p. 100.

Le second chapitre de ce mémoire est consacré à l'étude des procédés de calcul qui permettent d'arriver le plus rapidement à ces résultats numériques. Nous les avons fait suivre des valeurs numériques auxquelles conduisent les observations les plus importantes de constantes critiques.

Clausius, M. Sarrau et M. Boltzmann [1] ont fait remarquer que l'équation fondamentale des fluides de M. van der Waals prend une autre forme simple lorsqu'au lieu de rapporter les volumes au volume initial pris comme unité, sous la pression unité et à la température de 0°, on considère pour chaque fluide une masse égale à celle d'une molécule-gramme [2]. Dans ce cas, l'équation des fluides devient :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)\left(V - b\right) = R\,T \quad (b)$$

expression dans laquelle R est égale à la constante de l'équation des gaz parfaits tandis que V représente le volume occupé par la molécule-gramme du corps considéré sous la pression P et à la température absolue T.

Pour abréger, nous désignerons dans la suite cette forme (b) de l'équation de M. van der Waals sous le nom d'*équation des fluides rapportée à la molécule-gramme.* En remplaçant R par $r = \frac{R}{M}$ l'équation est rapportée à l'unité de poids du fluide considéré c'est-à-dire au gramme.

[1] Sarrau. Conférences Soc. Chim. Paris 1889-92, p. 105 Boltzmann. Vorlesungen über Gaztheorie 1898. II, p. 17.

[2] Par molécule-gramme, nous entendons, conformément au langage actuel des chimistes, un poids en grammes, égal au poids moléculaire.

Comme précédemment, on démontre sans difficulté [1] que les relations entre les paramètres a, b et R de l'équation ci-dessous et les éléments du point critique T_c, P_c et V_c prennent la forme suivante :

$$V_c = 3b \qquad T_c = \frac{8}{27} \frac{a}{bR} \qquad P_c = \frac{a}{27\, b^2}$$

Ces relations sont beaucoup plus commodes pour le calcul numérique que celles déduites de l'équation (a). En effet, la valeur de b est donnée par une relation très simple du 1[er] degré :

$$b = \frac{R}{8} \frac{T_c}{P_c}$$

qui permet ensuite de calculer facilement a. Dans le troisième chapitre de cette étude nous avons réuni les principales formules relatives au calcul des constantes a et b de l'équation (b) ci-dessus, ainsi que les valeurs de R dans les divers systèmes d'unités que l'on peut envisager ; nous avons indiqué ensuite les valeurs numériques des constantes a et b fournies par les déterminations les plus importantes des éléments du point critique.

II. Calcul des constantes a et b de l'équation des fluides rapportée au volume initial unité.

1. *Résolution de l'équation du 3me degré.*

L'équation (a) précédente soit

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = (1 + a)(1 - b)\frac{T}{273}$$

[1] Voir par exemple. Sarrau loc. cit., p. 106 et Boltzmann. loc. cit., p. 24.

dans laquelle on pose souvent

$$\frac{(1+a)(1-b)}{273} = R \text{ [1]}$$

devient lorsqu'on l'ordonne par rapport à V

$$V^3 - V^2\left(b + \frac{RT}{P}\right) + V\frac{a}{P} - \frac{ab}{P} = 0$$

Au point critique les trois racines de cette équation doivent être égales. On aura donc en désignant par V_c, T_c et P_c le volume, la température et la pression critiques

$$V_c = 3\,b \qquad P_c = \frac{a}{27\,b^2} \qquad T_c = \frac{8}{27}\,\frac{a}{Rb}$$

En éliminant a et V_c entre ces trois équations on obtient

$$b^3 - b^2 + \frac{2184\,P_c + T_c}{27\,P_c\,T_c} - \frac{1}{27\,P_c} = 0 \qquad \text{(I)}$$

Cette équation étant du 3me degré à une ou trois racines réelles. Pour la résoudre nous posons $b = x + \frac{1}{3}$ et nous remplaçons b par cette valeur dans l'équation (I); il vient :

$$x^3 - \left(\frac{728}{27}\,\frac{1}{T_c} + \frac{1}{81}\,\frac{1}{P_c} - \frac{1}{9}\right)x +$$

$$+ \left(\frac{364}{27}\,\frac{1}{T_c} - \frac{1}{81}\,\frac{1}{P_c} - \frac{1}{27}\right) = 0 \qquad \text{(II)}$$

[1] Il convient de noter que, dans ce cas, la valeur de **R** n'est pas la même numériquement que celle de l'équation (b).

Posons pour abréger :

$$p = \frac{728}{27}\,\frac{1}{T_c} + \frac{1}{81}\,\frac{1}{P_c} - \frac{1}{9}$$

$$q = \frac{364}{27}\,\frac{1}{T_c} - \frac{1}{81}\,\frac{1}{P_c} - \frac{1}{27}$$

Lorsqu'il n'y a qu'une racine réelle, c'est en général le cas des gaz permanents, l'équation se résout par la formule

$$x = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}}$$

Dans le second cas, beaucoup plus fréquent, où les trois racines sont réelles, on compare l'équation à celle qui sert à la trisection de l'angle et l'on montre facilement que les trois racines sont données par les équations

$$x' = 2\sqrt{-p} \times \cos\frac{\alpha}{3}$$

$$x'' = 2\sqrt{-p} \times \cos\frac{\alpha + 2\pi}{3}$$

$$x''' = 2\sqrt{-p} \times \cos\frac{\alpha + 4\pi}{3}$$

si l'on pose $\cos\alpha = \dfrac{-q}{\sqrt{-p^3}}$

On démontre sans difficulté que lorsque la pression critique est supérieure à une atmosphère, c'est la valeur x'' qui convient au problème; de là résulte :

$$b = \frac{1}{3} + 2\sqrt{-p}\cos\frac{\alpha + 2\pi}{3} \qquad \text{(A)}$$

On calcule ensuite

$$a = 27\,\mathrm{P}_c\, b^2 \qquad \text{(B)}$$

En effet le volume critique est une faible fraction du volume gazeux pris ici comme unité et la quantité b est elle même une fraction du volume critique. Or a est dans le premier quadrant tant qu'il y a trois racines réelles, car q est négatif aussi longtemps que cette condition est remplie. On le démontre facilement en supposant que la pression critique n'est pas, pour le corps considéré, inférieure à une atmosphère.

En effet : $p < 0$

$$\frac{728}{27}\,\frac{1}{\mathrm{T}_c} + \frac{1}{81}\,\frac{1}{\mathrm{P}_c} - \frac{1}{9} < 0$$

d'où

$$\frac{364}{\mathrm{T}_c} < \frac{9\,\mathrm{P}_c - 1}{6\,\mathrm{P}_c}$$

d'autre part pour que q soit négatif, il suffit que

$$\frac{364}{27\,\mathrm{T}_c} < \frac{1}{81}\,\frac{1}{\mathrm{P}_c} + \frac{1}{27}$$

ou $\quad \dfrac{364}{\mathrm{T}_c} < \dfrac{1}{3\,\mathrm{P}_c} + 1 \quad$ ou $\quad \dfrac{364}{\mathrm{T}_c} < \dfrac{3\,\mathrm{P}_c + 1}{3\,\mathrm{P}_c}$

ce qui sera en tous cas vrai si

$$\frac{3\,\mathrm{P}_c + 1}{3\,\mathrm{P}_c} < \frac{9\,\mathrm{P}_c - 1}{6\,\mathrm{P}_c}$$

ou $\qquad 6\,\mathrm{P}_c + 3 < 9\,\mathrm{P}_c \qquad$ c. q. f. d.

De là résulte que $\cos \dfrac{1}{3}$ est toujours dans le premier quadrant, x' positif et $b > \dfrac{1}{3}$; la première racine est donc à rejeter.

$\mathrm{Cos}\, \dfrac{a + 2\pi}{3}$ est toujours négatif et sa valeur absolue varie de $\dfrac{1}{2}\sqrt{3}$ à $\dfrac{1}{2}$, b est donc toujours compris entre

$$\frac{1}{3} - \sqrt{3}\,\sqrt{-p} \quad \text{et} \quad \frac{1}{3} - \sqrt{-p}$$

$\mathrm{Cos}\, \dfrac{a + 4\pi}{3}$ est aussi toujours négatif, sa valeur absolue

varie de $\frac{1}{2}$ à 0, b est donc toujours compris, pour la troisième racine, entre

$$\frac{1}{3} - \sqrt{-\mathrm{p}} \text{ et } \frac{1}{3}$$

Or, la plus petite de ces deux dernières valeurs est déjà trop grande.

En effet l'équation

$$b^3 - b^2 + \frac{2184\,\mathrm{P}_c + \mathrm{T}_c}{27\,\mathrm{P}_c\,\mathrm{T}_c}\,b - \frac{1}{27\,\mathrm{P}_c} = 0$$

n'admet pas de solution négative comme on le voit facilement, d'autre part la seconde et la troisième racine doivent coexister. D'après cela, la valeur maximum que peut prendre $\sqrt{-p}$ est

$$\frac{1}{3} = \sqrt{3}\,\sqrt{-\mathrm{p}}$$

$$\sqrt{-\mathrm{p}} = \frac{1}{3\sqrt{3}}$$

sans quoi l'on aurait une racine négative, ce qui ne peut être.

La plus petite valeur que puisse prendre la racine

$$b = \frac{1}{3} - \sqrt{\mathrm{p}}$$

est donc

$$b = \frac{1}{3} - \frac{1}{3\sqrt{3}} = 0.14$$

valeur évidemment beaucoup trop forte. La seule racine à admettre est donc celle correspondant à x''.

Voici les nombres et logarithmes à employer pour ces calculs (les logarithmes à 7 décimales sont indispensables, il faut même prendre les parties proportionnelles).

$$\log \frac{364}{27} = 1,1297376$$

$$\log 27 = 1,4313638$$

$$\log \frac{1}{81} = \bar{2},0915150$$

$$\frac{1}{27} = 0,03703704$$

$$\frac{1}{9} = 0,11111111$$

Exemple de calcul :

C_5H_{12} $\quad T_c = 470,2$ $\quad P_c = 30,03$

$\log \frac{364}{27} = 1,1297376$ $\quad \log \frac{1}{81} = \bar{2},0915150$ $\quad \frac{728}{27}\frac{1}{T_c} = 0,0573436$ $\quad \frac{1}{9} = 0,1111111$

$\text{colog } T_c = \bar{3},3277174$ $\quad \text{colog } P_c = \bar{2},5224447$ $\quad \frac{1}{81}\frac{1}{P_c} = 0,0004111$ $\quad 0,0577547$

$\bar{2},4574556$ $\quad \bar{4},6139597$ $\quad 0,0577547$ $\quad -p = 0,0533564$

$\frac{364}{27}\frac{1}{T_c} = 0,0286718$ $\quad \frac{1}{81}\frac{1}{P_c} = 0,0004111$

$\frac{1}{27} = 0,0370370$ $\quad \log(-p) = \bar{2},7271865$

$0,0374481$ $\quad \log(-p^{1/2}) = \bar{1},3635933$

$\frac{364}{27}\frac{1}{T_c} = 0,0286718$ $\quad \log(-p^{3/2}) = \bar{2},0907798$

$-q = 0,0087763$

$\log(-q) = \bar{3},9433115$

$\text{colog}(-p^{3/2}) = \bar{1},9092202$

$\log \cos a = \bar{1},8525317 = \log \cos 44°,35',43''$

$\frac{1}{3}(44°,35',43'' + 360°) = 134°,51',54''$

$\log \cos 134°,51',54'' = \log \cos 45°,8',6'' = \bar{1},8484592$

$\log 2 = 0,3010300$

$\log(-p^{1/2}) = \bar{1},3635933$

$\log(-x) = \bar{1},5130825$

$\log b = \bar{3},8712226$ $\quad 0,333333$

$2 \log b = \bar{5},7424452$ $\quad x = -0,325899$

$\log 27 = 1,4313638$ $\quad b = 0,007434$

$\log P_c = 1,4775553$

$\log a = \bar{2},6513643$ $\quad a = 0,04481$

2. *Formule approchée.*

A la suite de nos calculs, nous avons trouvé une for-

mule empyrique permettant de déduire plus rapidement la constante b. Cette formule est la suivante :

$$b = 0.0004496 \frac{T_c}{P_c} + 0,000001835 \left(\frac{T_c}{P_c}\right)^2 \qquad \text{(C)}$$

$$(\log 0.0004496 = \bar{4},65286$$
$$\log 0,000001835 = \bar{6},26371)$$

La concordance entre les valeurs déduites de l'équation du 3me degré et celles que fournit cette relation (C) est assez satisfaisante, comme on peut en juger par les résultats consignés au tableau I (comparer les données b, b_1 et Δ $^0/_0$). L'approximation est en moyenne de 0,5 $^0/_0$, elle peut être regardée comme suffisante si l'on tient compte du fait que le rapport $\frac{T_c}{P_c}$ est rarement exact à plus de $^1/_{100}$ de sa valeur absolue.

Si l'on veut néanmoins trouver une valeur de b qui résolve l'équation de M. van der Waals on pourra se servir de la valeur donnée par la formule (C) comme d'une première approximation et éviter ainsi les calculs de la résolution complète.

En appelant b_1 la valeur approchée tirée de la formule (C) et b la valeur exacte, la méthode de Newton donne :

$$\alpha = \frac{b_1^3 - b_1^2 + \frac{2184 P_c + T_c}{27 P_c T_c} b_1 - \frac{1}{27 P_c}}{3 b_1^2 - 2 b_1 + \frac{2184 P_c + T_c}{27 P_c T_c}} \qquad \text{(D)}$$

$$b = b_1 - \alpha \qquad \text{(E)}$$

L'erreur commise est donnée par la formule

$$\varepsilon = - \frac{\alpha^2}{2} \frac{f''(b_1 + K\alpha)}{f'(b_1)}$$

Pour évaluer cette erreur on remplacera $f''(b_1 + K\alpha)$ par la plus grande valeur absolue de la dérivée $f''(b_1)$

quand b varie de b_1 à $b_1 + h$, h étant plus grand que α

$$f''(b_1) = 6\,b_1 - 2$$

La plus grande valeur absolue de $f''(b_1)$ est 2, car b_1 est toujours positif; l'erreur commise sur la valeur de b est donc :

$$\varepsilon = \frac{\alpha^2}{f'(b_1)}$$

En effectuant les calculs avec les logarithmes à 5 décimales, ce procédé permet d'obtenir d'emblée et plus rapidement des nombres plus exacts que ceux fournis par la résolution directe de l'équation du 3me degré, effectuée avec les logarithmes à 7 décimales.

Exemple de calcul :

C_5H_{12} $\quad T_c = 470,2 \quad P_c = 30,03$

$b_1 = 0,00743$

$\log b_1 = \bar{3},87448 \qquad b_1^3 = 0,00000042 \qquad 3\,b_1^2 = 0,00016830$

$3 \log b_1 = \bar{7},62334 \qquad b_1^2 = 0,00005610 \qquad 2\,b_1 = 0,014980$

$2 \log b_1 = \bar{5},74896$

$\log 2184 = 3,33925 \qquad 2184\,P_c = 65585,7 \qquad \log(2184\,P_c + T_c) = 4,81991$

$\log P_c = 1,47756 \qquad T_c = 470,2 \qquad \text{colog}\ 27 = \bar{2},56864$

$4,81681 \qquad 66055,9 \qquad \text{colog}\ P_c = \bar{2},52244$

$\text{colog}\ T_c = \bar{3},32772$

$\text{colog}\ 27 = \bar{2},56864 \qquad \log \frac{2184\,P_c + T_c}{27\,P_c\,T_c} = \bar{1},23871$

$\text{colog}\ P_c = \bar{2},52244 \qquad \log b_1 = \bar{3},87448$

$\log \frac{1}{27\,P_c} = \bar{3},09108 \qquad \log \frac{2184\,P_c + T_c}{27\,P_c\,T_c}\,b_1 = \bar{3},11319$

$b^3 = 0,00000042 \qquad b^2 = 0,0000561 \qquad 3\,b^2 = 0,000168$

$\frac{2184\,P_c + T_c}{27\,P_c\,T_c}\,b_1 = 0,00129776 \qquad \frac{1}{27\,P_c} = 0,0012334 \qquad \frac{2184\,P_c + T_c}{27\,P_c\,T_c} = 0,173264$

$0,00129818 \qquad 0,0012895 \qquad 0,173432$

$0,0012895 \qquad 2\,b_1 = 0,014980$

$f(b_1) = 0,0000087 \qquad f'(b_1) = 0,158452$

$$a = -\frac{f(b_1)}{f'(b_1)} = -\frac{0,0000087}{0,158} = -0,000055$$

$b = b_1 - a = 0,007435$

$\varepsilon = \quad = 0,00000002$

3. *Résultats.*

Le tableau suivant contient :

1. Les températures critiques T_c, comptées à partir du zéro absolu.

2. Les pressions critique P_c en atmosphères. Pour les corps faisant l'objet de plusieurs observations, nous avons choisi généralement celles qui nous ont paru les plus exactes ; dans quelques cas, nous donnons deux séries de valeurs pour un même corps.

3. Les valeurs des constantes a et b de l'équation des fluides rapportée au volume initial unité, les températures et pressions étant exprimées dans les unités ci-dessus et les calculs effectués au moyen des formules (A) et (B) ou (D), (E) et (B).

4. Les valeurs de la constante b (b_1) calculées simplement au moyen de la formule empyrique (C).

5. Les différences en $^0/_0$ (Δ $^0/_0$) entre les valeurs exactes b du covolume et les valeurs b_1 données par la formule empyrique (C).

6. Les abréviations indiquant les noms des observateurs.

Afin de faire de ce tableau un tout complet nous y avons reproduit les valeurs de a et de b, calculées par M. Altschul pour les hydrocarbures aromatiques.

TABLEAU I

	Corps	T_c	P_c	a	b	b_1	Δ %	Obs.
				0.0	0.00	0.00		
1	NH_3	403	115	0810	162	161	0.6	D.
2	NH_3	404	113	0830	165	163	1.2	V. C.
3	NH_2CH_3	428	72	1476	276	274	0.8	id.
4	$NH(CH_3)_2$	436	56	1981	362	361	0.3	id.
5	$NH_2C_2H_5$	450	66	1784	316	316	0	id.
6	$N(CH_3)_3$	433.5	41	2710	495	495	0	id.
7	$NH_2C_3H_7$	491	50	2859	460	459	0.2	id.
8	$NH(C_2H_5)_2$	489	40	3588	576	577	0.2	id.
9	$N(C_2H_5)_3$	532	30	5885	852	855	0.4	id.
10	$NH(C_3H_7)_2$	550	31	6114	855	856	0.1	id.
11	$(CH_3)_2O$	402.6	57	1653	328	327	0.3	L. S.
12	$CH_3\text{-}O\text{-}C_2H_5$	441.4	46.3	2473	445	445	0	N.
13	$(C_2H_5)_2O$	467.4	35.61	3688	619	622	0.3	R. Y.
14	HCO_2CH_3	487	59.25	2355	384	382	0.6	Y. T.
15	$HCO_2 . C_2H_5$	508.3	46.83	3302	511	510	0.2	id.
16	$CH_3CO_2CH_3$	506.7	46.29	3316	515	514	0.2	id
17	$HCO_2 . C_3H_7$	537.8	40.06	4388	637	637	0	id.
18	$CH_3CO_2 . C_2H_5$	523.1	38.00	4383	654	654	0	id.
19	$C_2H_5CO_2 . CH_3$	530.4	39.52	4330	637	637	0	id.
20	$CH_3CO_2 . C_3H_7$	549.2	33.16	5659	795	795	0	id.
21	$C_2H_5CO_2 . C_2H_5$	545.9	33.16	5582	790	790	0	id.
22	$C_3H_7CO_2 . CH_3$	554.25	34.21	5577	777	777	0	id.
23	$C_3H_7CO_2 . CH_3$ (iso)	540.55	33.88	5339	764	764	0	id.
24	C_6H_5Fl	559.6	44.62	4272	596	593	0.5	Y.
25	C_6H_5Cl	633.7	44.69	5580	680	677	0.4	id.
26	C_6H_6	561.5	47.9	3984	555	552	0.5	id.
27	C_6H_6	563.6	50.1	3827	532	530	0.4	A.
28	$C_6H_5 . CH_3$	593.6	41.6	5240	684	679	0.7	id.
29	$C_6H_5C_2H_5$	619.4	38.1	6342	785	780	0.6	id.
30	o-$C_6H_4 . (CH_3)_2$	631.3	36.9	6852	830	825	0.6	id.
31	m id.	618.6	35.8	6795	838	832	0.7	id.
32	p id.	617.4	35.0	6945	857	850	0.8	id.
33	$C_6H_5C_3H_7$	638.6	32.3	8212	971	961	1.1	id.
34	$C_6H_5CH(CH_3)_2$	635.7	32.2	8147	968	960	0.8	id.
35	$C_6H_3(CH_3)_3$ (1.3.5)	640.7	33.2	8012	945	936	1.0	id.

TABLEAU I (suite)

	Corps	T_c	P_c	a	b	b_1	Δ %	Obs.
				0.0	0.00	0.00		
36	$C_6H_3(CH_3)_3$ (1.2.3)	654.2	33.2	8396	967	958	1.0	A.
37	$C_6H_5C_4H_9$ (iso)	650.1	31.1	8947	1033	1020	1.3	id.
38	$C_6H_4.CH_3.C_3H_7$	651.6	28.6	9921	1133	1120	1.2	id.
39	C_5H_{12}	470.2	30.03	4481	743	749	0.8	Y.
40	C_5H_{12} (iso)	460.1	33.3	3829	653	654	0.2	A.
41	C_5H_{12} (iso)	460.8	32.93	3887	661	665	0.6	Y.
42	C_5H_{10} (isoamylène)	464.6	33.9	3915	654	651	0.5	N.
43	C_6H_{14} norm.	507.8	29.62	5383	820	823	0.4	Y. T.
44	C_6H_{14} »	507.5	30	5300	816	813	0.4	A.
45	C_7H_{16} »	539.9	26.86	6876	974	978	0.4	Y.
46	C_8H_{18}	569.4	25.2	8351	1108	1110	0.2	A.
47	$C_{10}H_{22}$	603.4	21.3	11130	1421	1421	0	A.
48	CH_3Cl	414.5	73	1363	263	265	0.7	V. C.
49	C_2H_5Cl	455.5	54	2264	394	392	0.5	V. C.
50	C_2H_5Cl	455.6	52.6	2319	404	403	0.3	S.
51	C_3H_7Cl norm	494	49	2961	473	472	0.2	V. C.
52	$(CH_2)_6$	553	39.81	4703	661	659	0.3	Y. F.
53	H_2O	637.3	194.6	1204	147	149	1.3	B.
54	H_2O	638.0	200.5	1173	151	145	4.1	C. C.
55	CH_3OH	512.95	78.5	1959	304	302	0.7	R. Y.
56	C_2H_5OH	516.6	62.76	2512	385	383	0.5	id.
57	C_3H_7OH	536.7	50.16	3529	504	502	0.4	id.
58	CH_3CO_2H	594.65	57.1	3732	492	488	0.8	Y.
59	CCl_4	556.15	44.97	4184	586	584	0.5	id.
60	$SnCl_4$	591.3	36.95	5926	771	767	0.4	id.
61	H_3P	325.8	64	953	235	234	0.4	L. S.
62	H_2S	373	90	887	191	190	0.5	id.
63	HCl	325	83	726	180	179	0.6	id.
64	HCl	325.3	86	704	174	173	0.6	D.
65	C_4H_4S	590.3	47.7	4457	588	586	0.3	Paw.
66	CS_2	546.05	72.87	2412	350	343	2	B.
67	$(CN)_2$	397	61.7	1480	298	297	0.3	D.

TABLEAU I (suite)

Corps	T_c	P_c	a	b	b_1	Δ %	Obs.
			0.0	0.00	0.00		
68 C_2H_2	310	68	0810	210	212	1	V.
69 CH_4	191.2	54.9	0379	160	159	0.6	O.
70 C_2H_6	308	45.2	1208	315	315	0	D.
71 CO_2	304.35	72.9	0727	192	191	0.5	Am.
72 SO_2	428.4	78.9	1345	251	250	0.4	Saj.
73 N_2O	309.4	73.1	0750	195	193	1	Jans.
74 N_2O	308.4	75.0	0723	189	188	0.5	D.
75 NO	179.5	71.2	0257	115	115	0.0	O.
76 O_2	155	50	0272	142	141	0.6	Wr.
77 O_2	154.2	50.8	0266	139	137	1.5	O.
78 Ar	152	50.6	0260	138	138	0.0	O.
79 CO	131.9	35.9	0274	168	167	0.6	Wr.
80 CO	133.5	35.5	0284	172	172	0.0	O.
81 N_2	126.5	35	0276	166	165	0.6	Wr.
82 N_2	127	33	0260	176	176	0.0	O.
83 H_2	38.5	20	0038	088	087	1.1	O.

Si l'on se reporte à la formule approchée (C), il est aisé de constater qu'une erreur de n % sur la valeur du rapport $T_c : P_c$ entraîne approximativement une erreur de n % sur celle de la constante b et de 2n % sur celle de la constante a.

Le degré de précision avec lequel ces deux constantes a et b sont déterminées ressort aussi très nettement lorsqu'on compare, pour un même corps, les valeurs de ces constantes déduites d'observations différentes. Exemples : oxygène, azote, oxyde de carbone, gaz ammoniac, acide chlorhydrique.

Pour la bibliographie des mémoires auxquels sont empruntées les constantes critiques utilisées dans nos cal-

culs, nous renvoyons à l'article « Critique (Point) », publié par l'un de nous dans le deuxième supplément du Dictionnaire de Würtz (I partie, p. 1453); pour les noms des auteurs, nous avons adopté les mêmes abréviations. Comme données nouvelles publiées depuis l'époque à laquelle cet article a paru, nous avons à ajouter les suivantes :

A. Altschul. *Zeits. f. Phys. Chem.* 12. 577.
Am. Amagat. *C. R. 114* 1096,
L. S. Leduc et Sacerdote. *C. R. 125* 397.
Olszewsky. *Trans. Roy. Soc. 186* (A) 253.
Young. *Proc. phys. Soc. 1894.* 602. *Tr. Chem. Soc. 67.* 1071 *73.* 446 et *71.* 675.
Young et Thomas. *Tr. Chem. Soc. 1895.* 1071.
Y. F. Young et Forty. *Tr. Chem. Soc. 1899.*

III. Calcul des constantes a et b de l'équation des fluides rapportée a la molécule-gramme.

Détermination de la constante R.

Partant de l'équation (b) :

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V-b) = RT$$

rapportée à la molécule-gramme, il est évident que cette équation doit se confondre avec celle des gaz parfaits :

$$PV = RT$$

lorsqu'on considère le fluide sous une pression infiniment faible, les termes $\frac{a}{V^2}$ et b devenant alors absolument négligeables. On a donc là un moyen de déterminer la valeur de R. Mais comme l'équation des fluides, sous la

forme (*b*), n'est pas une expression rigoureuse des faits, on ne peut utiliser dans ce but que les données relatives aux gaz qui, dans les conditions ordinaires de nos expériences, suivent le mieux les lois de Mariotte et de Gay-Lussac.

Il faut alors connaître exactement pour chaque corps :

1° Le poids moléculaire du gaz servant de base au calcul;

2° Le poids d'un litre de ce gaz à 0° et sous une atmosphère ;

3° La loi que suivent les écarts qu'il présente avec la loi de Mariotte.

Regnault [1], dans son mémoire sur la compressibilité des fluides élastiques, a étudié, pour des pressions variant de 1 à 8 mètres de mercure, l'air, l'azote, l'acide carbonique et l'hydrogène, et il a représenté ses expériences par une formule parabolique de la forme :

$$\frac{P_1V_1}{P_0V_0} = 1 + A\left(\frac{V_0}{V_1} - 1\right) + B\left(\frac{V_0}{V_1} - 1\right)^2$$

posons :

$$P_0 = 1 \qquad V_0 = 1 \qquad V_1 = \infty$$

il vient pour valeur du produit P_1V_1

$$P_1V_1 {}_{V_1 = \infty} = 1 - A + B$$

et si l'on appelle V_m le volume moléculaire observé à 0° et V le volume moléculaire théorique du gaz s'il était parfait

$$V_m = \frac{V}{1 - A + B}$$

$$\text{ou } V = V_m (1 - A + B)$$

[1] Regnault. *Mémoires de l'Ac. 21*, 372 et suiv.

Appliquant cette formule à l'hydrogène et à l'azote on trouve :

Corps	Poids moléculaire	Poids du litre	$1 - A + B$	V (calc)
H_2	2.0152	0.08987 (Morley)[1]	0.99946	22410
N_2	28.010	1.2507 (Leduc)[2]	1.00070	22410

En adoptant pour l'hydrogène la densité déterminée par M. Leduc on obtiendrait 22416.

Nous adopterons le nombre 22410 cm^3 pour le volume de la molécule-gramme du gaz parfait à 0° et sous une atmosphère[3].

Ce nombre de 22410 cm^3 peut être l'objet d'une vérification approchée, basée sur les considérations suivantes :

Si l'on se reporte à la forme (a) de l'équation de M. van der Waals, on reconnait facilement que le rapport du volume moléculaire théorique au volume moléculaire observé à 0° et sous 760 mm. doit être égal à $(1 + a)(1 - b)$, a et b étant les constantes données dans le tableau I. La quantité $V_m (1 + a)(1 - b)$ doit donc être la même pour tous les gaz et égale à 22410.

En prenant les valeurs de ces constantes déduites des

[1] Morley.

[2] Leduc. (*An. Ch. Ph.* (7) 15-21. Nous attirons en outre l'attention sur le fait que nous avons adopté pour le poids atomique de l'azote, rapporté à l'oxygène O = 16, le nombre N = 14,005 qui résulte des travaux de M. Leduc (*loc. cit.* p. 56) en faveur duquel cet expérimentateur nous parait avoir donné des raisons très probantes, entre autres celle-ci, qu'une erreur de 1/10000 sur le poids atomique de l'argent déterminé par Stas entraîne une erreur de 30/10000 sur celui de l'azote.

[3] M. Leduc, qui a aussi discuté cette question, admet le nombre 22406 $cm.^3$

mesures des constantes critiques de M. Olszewski, on arrive aux résultats suivants :

Corps	Poids moléculaire	Poids du litre		V_m	$V_m(1+a)(1-b)$
H_2	2.0152	0.08987	(Morley)	22423	22412
H_2	2.0152	0.08985	(Leduc)	22428	22417
O_2	32.00	1.42900	(Morley)	22393	22420
CO	28.004	1.2505	(Leduc)	22394	22418
N	28.010	1.2507	(Leduc)	22396	22414
				Moyenne	22417

Le résultat moyen diffère donc très peu du nombre 22410 adopté; l'écart entre les deux valeurs provient du fait que l'équation de M. van der Waals ne représente pas rigoureusement les phénomènes.

Calcul numérique de a et de b.

Ces deux paramètres sont donnés par les relations très simples :

$$b = \frac{R}{8}\frac{T_c}{P_c} \qquad a = 27\,P_c\,b^2 \qquad (R = 22410)$$

Le tableau II contient les valeurs de a et b tirées de ces formules; ce sont donc les constantes de l'équation (b) rapportées à la molécule-gramme. En regard de ces valeurs, nous avons inscrit celles rapportées au gramme, qui se déduisent des précédentes en remplaçant, dans la relation qui donne la valeur de b, R par $r = \frac{R}{M}$, M étant le poids moléculaire du corps considéré [1].

Toutes les données du tableau II sont calculée dans le système d'unités cm^3-atm. La seconde colonne contient les valeurs du rapport $\frac{T_c}{P_c} = K_c$ ou *coefficient critique.*

[1] Nous avons adopté les poids atomiques suivants :

O = 16.00	N = 14.00	Sn = 118.5
H = 1.008	S = 32.06	Fl = 19
C = 12 00	Cl = 35.45	P = 31

TABLEAU II

Corps	M	K_c	Moléc-gramme		Gramme	
			$a \times 10^{-6}$	b	$a \times 10^{-1}$	b
1 NH_3	17.02	3.50	4.01	36.0	1386	2.11
2 NH_3	17.02	3.58	4.11	36.7	1417	2.16
3 $NH_2C_2H_3$	31.04	5.94	7.40	61.0	751	1.97
4 $NH(CH_3)_2$	45.06	7.79	9.65	79.9	475	1.77
5 $NH_2C_2H_5$	45.06	6.82	9.44	75.7	465	1.68
6 $N(CH_3)_3$	59.08	10.57	13.0	108	373	1.84
7 $NH_2C_3H_7$	59.08	9.82	13.7	101	393	1.71
8 $NH(C_2H_5)_2$	73.10	12.23	17.0	125	318	1.72
9 $N(C_2H_5)_3$	101.1	17.73	26.8	182	262	1.80
10 $NH(C_3H_7)_2$	101.1	17.74	27.7	182	271	1.80
11 $(CH_3)_2O$	46.05	7.06	8.08	72.5	381	1.574
12 $CH_3.O.C_2H_5$	70.08	9.53	11.96	97.8	332	1.629
13 $(C_2H_5)_2O$	74.08	13.13	17.44	34.7	317.8	1.818
14 $HCO_2.CH_3$	60.04	8.22	11.38	84.34	314.2	1.401
15 $HCO_2.C_2H_5$	74.05	10.85	15.68	111.4	286.0	1.504
16 $CH_3CO_2.CH_3$	74.05	10.94	16.10	112.3	287.5	1.517
17 $HCO_2.C_3H_7$	88.08	13.42	20.52	137.8	264.6	1.564
18 $CH_3CO_2.C_2H_5$	88.08	13.77	20.47	141.3	263.9	1.604
19 $C_2H_5CO_2.CH_3$	88.08	13.41	20.24	137.7	260.8	1.563
20 $CH_3CO_2.C_3H_7$	102.1	16.56	25.86	169.9	248.0	1.664
21 $C_2H_5CO_2.C_2H_5$	102.1	16.46	25.55	168.9	245.1	1.654
22 $C_3H_7CO_2.CH_3$	102.1	16.20	25.52	166.2	244.8	1.628
23 $C_3H_7CO_2.CH_3$ (iso)	102.1	15.96	24.52	163.7	235.2	1.603
24 C_6H_5Fl	96.06	12.54	19.95	128.7	216.2	1.340
25 C_6H_5Cl	112.5	14.18	25.54	145.5	201.8	1.293
26 C_6H_6	78.07	11.72	18.71	120.3	307.0	1.541
27 C_6H_6	78.07	11.25	18.02	115.4	295.7	1.479
28 $C_6H_5.CH_3$	92.09	14.27	24.08	146.4	283.9	1.590
29 $C_6H_5.C_2H_5$	106.1	16.26	28.63	166.8	254.2	1.572
30 o—$C_6H_4(CH_3)_2$	106.1	17.11	30.00	175.6	272.7	1.654
31 m— id.	106.1	17.28	30.39	177.3	269.9	1.671
32 p— id.	106.1	17.64	30.96	181.0	275.0	1.706
33 $C_6H_5C_3H_7$	120.1	19.77	35.89	202.9	248.8	1.689

TABLEAU II (suite)

Corps	M	K_c	Molée-gramme $a \times 10^{-6}$	Molée-gramme b	Gramme $a \times 10^{-1}$	Gramme b
34 $C_6H_5CH(CH_3)_2$	120.1	19.74	35.68	202.6	247.3	1.687
35 $C_6H_3(CH_3)_3$ (1.3.5)	120.1	19.30	34.35	198.0	243.7	1.649
36 $C_6H_3(CH_3)_3$ (1.3.4)	120.1	19.70	36.65	202.2	254.1	1.684
37 $C_6H_5.C_4H_9$ (iso)	134.2	20.90	38.63	214.5	214.7	1.599
38 $C_6H_4.CH_3.C_3H_7$	134.2	22.78	42.20	233.8	234.5	1.743
39 C_5H_{12}	72.11	15.66	20.93	160.7	402.5	2.228
40 C_5H_{12} (iso)	72.11	13.82	18.07	141.8	347.6	1.966
41 C_5H_{12} (iso)	72.11	13.99	18.33	143.6	352.5	1.991
42 C_5H_{10} (isoamylène)	60.06	13.71	18.10	140.6	368.9	2.007
43 C_6H_{14}	86.13	17.14	24.75	175.9	333.6	2.042
44 C_6H_{14}	86.13	16.92	24.41	173.6	329.0	2.015
45 C_7H_{16}	100.2	20.10	30.85	206.2	307.6	2.059
46 C_8H_{18}	114.2	22.60	36.58	231.9	280.6	2.031
47 $C_{10}H_{22}$	142.2	28.33	48.59	290.7	240.3	2.044
48 CH_3Cl	50.47	5.68	6.85	58.27	262.7	1.154
49 C_2H_5Cl	64.49	8.44	10.92	86.55	262.6	1.342
50 C_2H_5Cl	64.49	8.66	11.22	88.88	269.7	1.378
51 C_3H_7Cl	78.50	10.08	14.16	103.4	229.8	1.318
52 $(CH_2)_6$	84.11	13.89	21.84	142.5	320.3	1.726
53 H_2O	18.02	3.28	5.95	33.60	1830	1.865
54 H_2O	18.02	3.18	5.77	32.65	1780	1.812
55 CH_3OH	32.03	6.535	9.53	67.05	928.8	2.093
56 C_2H_5OH	46.05	8.231	15.22	84.46	570.0	1.834
57 C_3H_7OH	60.07	10.70	16.32	109.8	452.4	1.828
58 CH_3CO_2H	60.04	10.41	17.60	106.9	488.4	1.780
59 CCl_4	153.8	12.37	19.20	126.9	81.53	0.827
60 $SnCl_4$	260.3	16.01	26.94	164.3	39.75	0.631

TABLEAU II (suite)

Corps	M	K_c	Moléc-gramme $a \times 10^{-6}$	Moléc-gramme b	Gramme $a \times 10^{-1}$	Gramme b
61 H_3P	34.0	5.09	4.72	52.2	408	1.54
62 H_2S	34.1	4.14	4.40	42.5	378	1.25
63 HCl	36.46	3.92	3.62	40.2	272	1.10
64 HCl	36.46	3.78	3.50	38.8	263	1.07
65 C_4H_4S	84.09	12.40	20.86	127.3	308.9	1.549
66 CS_2	76.12	7.49	11.63	76.89	159.5	1.010
67 $(CN)_2$	52.02	6.43	7.26	65.0	268	1.269
68 C_2H_2	26.02	4.56	4.02	46.8	593	1.80
69 CH_4	16.03	3.48	1.89	35.7	737	2.23
70 C_2H_6	30.05	6.81	5.97	69.92	661	2.33
71 CO_2	44.00	4.17	3.612	42.84	185.7	0.971
72 SO_2	64.06	5.43	6.61	55.7	161	0.870
73 N_2O	44.01	4.23	3.72	43.4	192	0.987
74 N_2O	44.01	4.11	3.62	42.3	187	0.961
75 NO	30.00	2.52	1.29	25.9	143	0.862
76 O_2	32.00	3.10	1.37	31.8	133	0.994
77 O_2	32.00	3.04	1.33	31.2	130	0.973
78 Ar	40	3.00	1.30	30.82	81	0.771
79 CO	28.00	3.67	1.38	37.7	176	1.35
80 CO	28.00	3.76	1.43	38.6	182	1.38
81 N_2	28.01	3.61	1.30	37.1	166	1.32
82 N_2	28.01	3.85	1.39	39.5	177	1.41
83 H_2	2.02	1.93	0.211	19.75	516	9.78

Unités. Les données du tableau II sont exprimées dans le système centimètre cube-atmosphère (cm^3-atm.) qui nous a paru le plus commode à adopter pour des calculs ultérieurs. On remarquera en particulier que la constante b mesure alors, en centimètres cubes, un multiple toujours constant du volume des molécules d'une molécule-gramme ; ce multiple est égal à 4 d'après M. van der Waals et à $4\sqrt{2}$ d'après M. O.-E. Meyer. D'autre

part, si dans l'équation des fluides on pose $V = 1$, on a

$$(P + a)(1 - b) = RT$$

c'est-à-dire que la constante a mesure, en atmosphères, la somme des attractions exercées par toutes les molécules les unes sur les autres dans une masse du fluide égale à une molécule-gramme et occupant un volume d'un cm^3.

Ces deux définitions de a et de b supposent naturellement que le fluide suit la loi de M. van der Waals.

Lorsqu'on exprime les volumes dans une autre unité que le cm^3 et les pressions dans une autre unité que l'atmosphère : les valeurs de a, b, R et r du tableau II ci-dessus devront être remplacées par de nouvelles valeurs a_1, b_1, R_1, et r_1 ayant avec les premières les relations suivantes :

$$a_1 = \alpha a \qquad b_1 = \beta b \qquad R_1 = \gamma R \qquad r_1 = \gamma r$$

Les valeurs numériques des coefficients α, β et γ entrant dans les relations sont données par le tableau suivant :

Unités	α	β	γ
cm^3-atm.	1	1	1
cm^3-m/m. de mercure	760	1	760
cm^3-cm. de mercure	76	1	76
cm^3-m. de mercure	0,76	1	0.76
cm^3-barye	1.0133	1	1.0137
cm^3-m. d'eau	10.33	1	10.33
litre-atm.	0.000001	0.001	0.001
litre-m/m. de mercure	0.00076	0.001	0.760
litre-cm. de mercure	0.000076	0.001	0.0760
litre-m. de mercure	0.00000076	0.001	0.000760

Si l'on se reporte enfin à l'équation des fluides sous la forme

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$$

on voit que chacun des deux membres de l'équation est la mesure d'une énergie: dans le système cm^3-atm., ainsi que dans chacun des systèmes d'unités ci-dessus, celle-ci est exprimée sous la forme d'une « *énergie de volume* », dont l'unité dépend des unités choisies pour la mesure des volumes et des pressions.

On peut avoir à exprimer ces énergies dans des unités relatives à d'autres formes d'énergie (calorifique, mécanique, électrique, etc.) En adoptant les équivalents suivants pour ces diverses formes d'énergie

1 (cm^3 — atm.) = 1033,3 (gr-cm.)
1 cal.[1] = 42600 (gr-cm.) ou 1 Cal. = 426 (kg-m.)
1 cal. = 42600 × 980,6 = 41.770.000 ergs.
1 cal. = 4,177 joules ou 1 Cal. = 4,177 kilojoules.

On dresse le tableau ci-après pour les valeurs de la constante R dans les diverses unités d'énergie.

Unité d'énergie	Valeur de R	
cm^3-atm.	82.09	$\left(=\frac{22410}{273}\right)$
cm^3-m/m. de mercure	62387	
petite calorie (cal.)	1.991	
grande calorie (Cal.)	0.001991	
joule	0.10133	
kilojoule	0.00010133	
erg	10132500	
gramme-centimètre (gr-cm.)	1033.3	
kilogrammètre (kg-m.)	0.010333	

Exemples : I. L'équation de la méthalymine CH_3 NH_2 rapportée à la molécule-gramme dans le système cm^3-atm. sera :

$$\left(P + \frac{7400000}{V^2}\right)(V - 61.0) = 82.09\ T$$

[1] Nous employons le symbole « cal. » pour la petite calorie ou calorie-gramme cet le symbole « Cal. » pour la grande calorie ou calorie-kilo.

II. Pour le même corps, dans le système litre-m/m de mercure, les coefficients a et b et R deviennent

$$a_1 = 7400000 \times 0.00076 = 5620$$
$$b_1 = 61.0 \times 0.001 = 0.061$$
$$R_1 = 82.09 \times 0.760 = 62.39$$

et l'équation rapportée à la molécule-gramme devient

$$\left(P + \frac{5620}{V^2}\right)(V - 0.061) = 62.39\ T$$

III. Le 1er membre de cette équation représente une énergie de volume dans le système « litre-m/m de mercure ».

Cette énergie sera exprimée : en « cm³-atm. » en la multipliant par le rapport $\frac{82.09}{62.39}$

en petites calories, en la multipliant par le rapport $\frac{1.911}{62.39}$

en kilojoules, en le multipliant par le rapport $\frac{0.0001013}{62.39}$

et ainsi de suite.

Genève, Laboratoire de chimie physique de l'Université, décembre, 1899.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

PROPAGATION DES COURANTS POLYPHASÉS

PAR

Ch.-Eug. GUYE

Professeur agrégé à l'École Polytechnique de Zurich.

PREMIÈRE PARTIE

Les coefficients par unité de longueur

En traitant le problème de la propagation d'un courant le long d'un conducteur on introduit généralement des coefficients dits de self induction et de capacité par unité de longueur.

Comme l'a fait judicieusement remarquer M. Potier, cette introduction peut-être critiquée. En effet, d'une part, la définition du coefficient de self induction suppose que le courant a partout la même intensité et, d'autre part, celle du coefficient de capacité suppose l'électricité en équilibre à la surface des conducteurs, tandis qu'on prétend précisément étudier un état du courant et une distribution des charges variables dans le temps et dans l'espace.

Avant d'aborder le problème de la propagation des cou-

rants polyphasés dans un cas particulier, il ne sera donc pas inutile de généraliser d'abord les notions de coefficients par unité de longueur dans le cas d'un nombre quelconque de conducteurs parallèles et de montrer ensuite sous quelles réserves ces notions peuvent être acceptées.

§ 1. *Conducteurs parallèles en équilibre électrostatique.*

Pour rester dans les conditions des canalisations électriques, nous envisagerons le cas de n conducteurs parallèles cylindriques, de section quelconque, et nous supposerons que ces conducteurs sont enveloppés par une armure conductrice au potentiel zéro (câbles) ou qu'ils se trouvent en présence d'un plan conducteur indéfini, également au potentiel zéro (lignes aériennes).

Nous admettrons, en outre, que la longueur des conducteurs est très grande relativement à la dimension transversale de la section normale du système. S'il s'agit par exemple d'un câble renfermant n conducteurs la dimension transversale de la section du système n'est autre que le diamètre interne de l'armure.

Dans le cas de lignes aériennes, on considérera comme dimension transversale de la section la plus grande distance entre les n conducteurs aériens et leurs images de l'autre côté du plan indéfini. Cette distance étant mesurée naturellement dans une section normale à la direction des conducteurs.

Supposons maintenant que les n conducteurs de ligne étant isolés à l'une de leurs extrémités soient connectés d'autre part, à des sources ayant potentiels constants

$V_0\ V_1\ V_2 \ldots\ldots V_n$ les équations générales de l'équilibre électrostatique seront :

$$\lambda_0 = \gamma_{0.0} V_0 + \gamma_{0.1} V_1 + \ldots\ldots \gamma_{0.n} V_n \qquad (1)$$

. . . .

$$\lambda_n = \gamma_{n.0} V_0 + \gamma_{n.1} V_1 + \ldots\ldots \gamma_{n.n} V_n \qquad (n)$$

dans lesquelles $\lambda_0\ \lambda_1\ \lambda_2 \ldots\ldots \lambda_n$ désignent les charges des conducteurs ; nous les supposerons rapportées à l'unité de longueur ; $\gamma_{0.0}\ \gamma_{1.1}\ \gamma_{2.2} \ldots\ldots \gamma_{nn}$ les coefficients de capacité (toujours positifs) dans les mêmes conditions ; $\gamma_{0.1}\ \gamma_{0.2} \ldots\ldots \gamma_{n-1.n}$ les coefficients d'induction électrostatique (toujours négatifs) également rapportés à l'unité de longueur.

On remarquera en premier lieu que si l'un des conducteurs k est isolé et n'est en rapport avec aucune des sources d'électricité on aura

$$\lambda_k = 0 = \gamma_{k.n} V_n + \gamma_{k.1} V_1 + \ldots\ldots\ldots \gamma_{k.n} V_n$$

En second lieu, s'il s'agit de lignes souterraines, l'armure ou le sol entoure complètement les conducteurs ; on a donc

$$\gamma_{0.0} + \gamma_{0.1} + \gamma_{0.2} + \ldots\ldots \gamma_{0.n} = 0$$

. . . .

$$\gamma_{n.n} + \gamma_{n.0} + \gamma_{n.1} + \ldots\ldots \gamma_{n.1.n} = 0$$

Les mêmes relations sont encore valables dans le cas des lignes aériennes puisqu'en dehors des conducteurs de ligne il n'existe aucun conducteur au dessus du plan indéfini

Il en résulte qu'en additionnant les équations (1) à (n) membre à membre on a

$$\lambda_0 + \lambda_1 + \lambda_2 + \ldots\ldots \lambda_n = 0 \qquad (I)$$

$$\text{soit } \Sigma\lambda = 0$$

En d'autres mots *dans chaque section élémentaire du câble, la somme algébrique des charges est nulle.*

Nous pouvons maintenant supposer qu'un certain nombre de conducteurs, par exemple les n conducteurs intérieurs dans le cas du câble ou les n conducteurs aériens dans le cas des lignes, soient connectés à un système de sources *sans capacité*, (enroulements de génératrices à tension constante par exemple) ; l'ensemble de ces sources et des n conducteurs formant un système complétement isolé.

Comme une source d'électricité, produit toujours les deux électricités contraires en quantités égales il en résulte que l'on aura

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \dots\dots \lambda_n = 0$$

D'autre part pour un conducteur isolé de toute source (par exemple armure) on aura

$$\lambda_0 = 0$$

Considérons maintenant un point P suffisamment distant des extrémités et pris à l'intérieur de l'un des conducteurs en équilibre : il est facile de voir que *son potentiel* $\left(V_1 = \Sigma \frac{m}{r}\right)$ *ne dépendra guère que des masses avoisinantes.*

En effet, dès que l'on envisage l'influence des charges comprises dans une section élémentaire, quelque peu distante de P on voit que cette action se réduit (en vertu de l'équation I) sensiblement à celle de masses égales et de signe contraire placées à des distances de P presque égales ; leur influence sur la valeur de $\Sigma \frac{m}{r}$ est donc pour ainsi dire nulle.

D'ailleurs nous pouvons calculer la valeur du potentiel au point P que nous supposerons, pour l'instant, pris au milieu de la ligne.

Pour cela remplaçons les charges des conducteurs par un système de droites parallèles, électrisées uniformément sur toute leur longueur, et soit $\lambda'_1\ \lambda''_1 \ldots\ldots \lambda'_2\ \lambda''_2 \ldots\ldots$ $\lambda'_n\ \lambda''_n \ldots\ldots \lambda'_0\ \lambda''_0 \ldots\ldots$ les densités électriques linéaires de ces droites, disposées suivant les génératrices des surfaces cylindriques qui limitent les conducteurs.

Soit l la longueur des conducteurs. La *valeur du potentiel au point milieu* P pris comme origine sera :

$$V_P = 2\,\Sigma \left[\lambda \int_0^{\frac{l}{2}} \frac{dx}{\sqrt{x^2 + d^2}} \right]$$

soit tout calcul fait

$$V_P = 2\,\Sigma \left[\lambda \log_e \frac{l + \sqrt{l^2 + 4\,d^2}}{2\,d} \right] \qquad \text{(II)}$$

Montrons par un exemple combien faible est l'influence des parties du câble éloignées du point P lorsque l'on a $\Sigma\lambda = 0$ et pour cela envisageons le cas le plus simple ; celui d'un câble concentrique ; soient ρ_1 le rayon du conducteur intérieur, ρ_2 le rayon intérieur de l'armure. Le potentiel sur l'axe au point milieu du câble sera, si λ représente la charge du conducteur par unité de longueur.

$$V = 2\,\lambda \left[\log_e \frac{\rho_2\,(l + \sqrt{l^2 + 4\,\rho_1^2})}{\rho_1\,(l + \sqrt{l^2 + 4\,\rho_2^2})} \right]$$

posant que

$$\rho_1 = a\,\rho_2 \quad a < 1$$
$$l = A\,\rho_2 \quad A > 1$$

on voit que cette expression tend rapidement vers la valeur.

$$2\lambda \log. \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

à mesure que A grandit.

En effet si l'on suppose la condition très défavorable $a = \frac{1}{10}$ et que l'on fasse successivement.

$$A = 10$$
$$A = \infty$$

on obtient pour le rapport des potentiels calculés dans les deux cas

$$\frac{V'}{V''} = 0{,}996$$

La valeur du potentiel est donc pratiquement la même qu'on la calcule sur une longueur égale à dix fois le rayon intérieure de l'armure ou qu'on la calcule sur une longueur de câble infinie.

Il en résulte que la *valeur du potentiel en un point quelconque sera pratiquement donnée par l'expression* II *et qu'il suffira pour l'obtenir d'étendre l'intégration sur une petite longueur* $\frac{l_0}{2}$ *de part et d'autre du point considéré. L'expression du potentiel en un point quelconque devient donc pratiquement :*

$$V_p = 2\Sigma \left[\lambda \log. \frac{l_0 + \sqrt{l_0 + 4d^2}}{2d} \right] \qquad \text{(III)}$$

C'est là un point sur lequel il m'a paru nécessaire d'insister si l'on veut se rendre compte de la signification des coefficients de capacité rapportés à l'unité de longueur et de leur emploi dans l'étude de la propagation des courants.

En résumé, si l'on a un système de conducteurs cylindriques parallèles de section quelconque, en équilibre électrostatique, enfermés dans une armure conductrice ou en présence d'un plan conducteur indéfini la *somme algébrique des densités électriques considérée dans une section normale quelconque du système est nulle;* c'est-à-dire que l'on a $\Sigma\lambda = 0$.

En second lieu, *le potentiel en un point quelconque des conducteurs, ne dépend guère que des masses avoisinant ce point et peut être calculé par l'expression III, sauf au voisinage immédiat des extrémités de la ligne.*

Dans ces conditions, la canalisation peut généralement être divisée en un grand nombre de parties sans action mutuelle sensible les unes sur les autres (par exemple en parties de longueur égale à l'unité).

On pourra donc pour chacune de ces parties envisager les coefficients de capacité par unité de longueur $\gamma_{0.0}\ \gamma_{1.1}\ \gamma_{2.2} \ldots \gamma_{n.n}$; et des coefficients d'induction électrostatique par unité de longueur $\gamma_{0.1}\ \gamma_{0.2} \ldots \gamma_{n-1:n}$.

Enfin, dans certains cas, on ira même jusqu'à supposer que le nombre de ces parties croit indéfiniment et l'on envisagera des coefficients de capacité et d'induction électrostatique élémentaires de la forme $\gamma_{0.0}dx$, $\gamma_{1.1}dx \ldots$ $\gamma_{0.1}dx \ldots$ Mais cette façon d'envisager la capacité ne peut-être admise que sous certaines réserves que nous stipulerons plus loin.

§ 2. *Conducteurs parallèles parcourus par des courants constants.*

Que va-t-il advenir maintenant si, au lieu de considérer l'équilibre électrostatique des conducteurs parallèles

nous supposons que ces conducteurs font partie d'un circuit électrique et sont traversés par des *courants constants* ou très lentement variables.

On constate alors expérimentalement que le potentiel n'a plus la même valeur en chaque point d'un même conducteur mais qu'il varie progressivement d'un point à l'autre.

Le potentiel observé dans ce cas peut être considéré comme dû à la présence de masses électriques et sa valeur correspond encore à l'expression $V = \Sigma \frac{m}{r}$, mais la loi de distribution des masses ne peut évidemment être la même que celle qui correspond à l'équilibre électrostatique étudié au paragraphe précédent.

Cette distribution peut néanmoins être étudiée dans quelques cas simples et en particulier dans celui qui nous occupe.

Lorsque tous les courants ont atteint leur régime permanent, le potentiel est invariable en chaque point; le théorème de Laplace et de Poisson indique alors que la densité cubique électrique ρ à l'intérieur d'un conducteur doit être nulle puisque l'on a pour un élément de volume

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = 0 = -4\pi\rho$$

On pourrait objecter à cette manière de voir que la section du conducteur étant traversée par un courant d'électricité, la densité électrique ne peut être nulle à l'intérieur, mais cette objection tombe d'elle même si l'on considère chaque élément de volume comme traversé par deux courants inverses, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative; de la sorte la densité ρ demeure néanmoins nulle dans l'élément de volume considéré.

La conséquence du théorème de Laplace, conséquence qui a d'ailleurs été souvent signalée, est donc que les *masses qui donnent naissance au potentiel sont encore entièrement distribuées à la surface des conducteurs ;* voyons maintenant la loi de cette distribution.

M. Mascart, dans son traité d'Électricité et de Magnétisme, a demontré que si la charge varie en progression arithmétique le long d'un conducteur, le potentiel variera suivant une loi analogue et qu'inversément, puisqu'il n'y a qu'une solution au problème de la propagation du courant, si les potentiels observés le long des conducteurs varient en progression arithmétique, il en sera de même des charges qui recouvrent ces conducteurs. Cette démonstration comprend évidemment le cas particulier où la raison de la progression est nulle, c'est-à-dire le cas où la charge et le potentiel sont uniformes le long du conducteur.

Nous allons généraliser cette démonstration au cas d'un nombre quelconque de conducteurs.

Considérons en effet un point P pris à l'intérieur du conducteur (1) au milieu de la longueur du cable, et supposons que de part et d'autre de la section normale qui renferme ce point, les charges de tous les conducteurs varient en progression arithmétique. Il est aisé de voir que la valeur de V_1 sera toujours donnée par l'expression

$$V_P = 2\,\Sigma\left[\lambda \log \frac{l + \sqrt{l^2 + 4d^2}}{2d}\right] \qquad \text{(II)}$$

λ désignant la densité de la charge électrique linéaire, considérée dans une direction perpendiculaire à la section normale; c'est-à-dire parallèle à la direction des conducteurs.

En effet, on peut admettre que pour passer du cas de l'équilibre électrostatique à celui qui nous occupe, les masses électriques ont été enlevées d'un côté de la section considérée pour être transportées de l'autre côté à la même distance, ce qui ne peut changer la valeur de $\Sigma \frac{m}{r}$ si les conducteurs s'étendent sur une même longueur de part et d'autre du point considéré.

L'expression (II) montre donc que dans ce cas, la valeur du potentiel ne dépend que de la densité des charges dans la section considérée : mais cette expression ne s'applique en toute rigueur qu'au *point milieu de la ligne.*

Au contraire, si nous supposons en outre que l'on ait dans chaque section

$$\Sigma \lambda = 0$$

un raisonnement analogue à celui du paragraphe précédent nous montrera que *le potentiel en un point quelconque* P (non situé dans le voisinage immédiat des extrémités) ne dépendra que des masses avoisinantes et pourra être calculé par la formule III : l'expression du potentiel en un point quelconque ne dépend donc pratiquement que des densités linéaires des charges dans la section qui renferme le point.

Il nous reste maintenant à montrer que si les charges varient en progression arithmétique il en sera de même des potentiels.

Il suffit pour cela de remarquer que l'expression III est de la forme

$$V_P = A\lambda'_0 + B\lambda''_0 + \dots H\lambda'_1 \dots \qquad (1)$$

dans laquelle A, B, H. . ., etc., sont des constantes puis-

que les conducteurs étant parallèles sur toute leur longueur. $\log_e \frac{lo + \sqrt{lo + 4d^2}}{2d} =$ constante

D'autre part puisque les charges sont supposées varier en progression arithmétique le long des conducteurs on aura

$$\begin{aligned} \lambda'_0 &= a'_0 + b' x \\ \lambda''_0 &= a''_0 + b'' x \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \lambda'^1 &= a'_1 + b'_1 x \\ \lambda''_1 &= a''_1 + b''_1 x \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned} \qquad (2)$$

En remplaçant ces valeurs dans (1) on a finalement une expression de la forme

$$V_P = A' + B'x$$

ce qu'il fallait démontrer.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que la condition $\Sigma\lambda = 0$ entraîne immédiatement les deux conditions

$$\begin{aligned} a'_0 + a''_0 + \ldots\ldots a'_1 + a''_1 + \ldots\ldots = 0 \\ b'_0 + b''_0 + \ldots\ldots b'_1 + b''_1 + \ldots\ldots = 0 \end{aligned}$$

expressions qui relient les coefficients des droites électrisées entr'eux.

Si au lieu de considérer les droites électrisées, dans lesquelles nous avons décomposé le système nous envisageons les densités linéaires pour chaque conducteur nous aurons plus simplement

$$\begin{aligned} a_0 + a_1 + \ldots\ldots a_n = 0 \\ b_0 + b_1 + \ldots\ldots b_n = 0 \end{aligned}$$

Supposons maintenant les n conducteurs connectés à un ensemble de sources sans capacité, isolées de l'armure

ou du sol, comme nous l'avons fait au paragraphe précédent, nous aurons dans ce cas

$$\int_0^l \lambda_1\, dx + \int_0^l \lambda_2\, dx + \ldots\ldots \int_0^l \lambda_n\, dx = 0 \qquad (3)$$

$$\int_0^l \lambda_0\, dx = 0 + \qquad (4)$$

En substituant les valeurs de λ données par les expressions (2) et en intégrant, la première de ces expressions nous fournit une relation entre la longueur de la ligne et les cœfficients des progressions arithmétiques (2). Cette relation est :

$$l = -2\frac{(a_1 + a_2 + \ldots\ldots a_n)}{b_1 + b_2 + \ldots\ldots b_n}$$

En second lieu l'expression (4) nous montre que sur l'armure ou le sol la charge totale est nulle, et comme cette charge est supposée varier en progression arithmétique, elle doit nécessairement être nulle au point milieu de la ligne.

En résumé, si l'on admet : 1° que dans un système de conducteurs parallèles, parcourus par des courants constants, les charges varient en progression arithmétique le long des conducteurs (sauf au voisinage immédiat des extrémités) ; 2° que dans chaque section l'on ait $\Sigma\lambda = 0$ le *potentiel variera également en progression arithmétique* comme on le constate expérimentalement. En outre la *valeur de ce potentiel en un point P d'un conducteur ne dépendra que de la densité électrique des diverses charges dans la section normale renfermant ce point. Il sera donné par la même expression que dans le cas de l'équilibre électrostatique* (*III*).

La notion de coefficient de capacité et d'induction électrostatique par unité de longueur sera donc justifiée au même titre que précédemment.

§ 3. *Conducteurs parallèles parcourus par des courants variables.*

Il reste à mentionner le cas où les conducteurs sont parcourus par des courants rapidement variables.

Dans ce cas, il est impossible de rien préciser sur la position des masses électriques qui donnent naissance au potentiel observé ; elles ne sont plus nécessairement répandues à la surface des conducteurs, comme l'indique le théorème de Laplace. Toutefois la notion de capacité par unité de longueur, telle qu'elle a été établie dans les deux paragraphes précédents pourra être appliquée dans la plupart des cas du régime variable.

Tant que les variations ne sont pas très rapides on ne s'écartera que peu des conditions établies au paragraphe précédent c'est-à-dire *que l'on aura sensiblement* $\Sigma\lambda = 0$ *dans chaque section et que les courbes représentatives de la charge électrique le long des conducteurs, sans être des droites auront partout un très grand rayon de courbure.*

Si donc de part et d'autre d'une section normale du système *les tangentes aux courbes se confondent avec les courbes elles-mêmes sur une certaine étendue* la valeur numérique du potentiel en un point P pris dans la section considérée ne dépendra guère que des densités électriques dans la section, comme dans les cas précédent, et les notions de capacité et de coefficients par unité de longueur seront encore pratiquement acceptables.

En résumé, sauf le cas d'oscillations extrêmement rapi-

des, pour lesquelles la notion de capacité élémentaire ou par unité de longueur serait un non sens, on peut admettre que cette notion doit conduire à des résultats sensiblement exacts.

§ 4. *Phénomènes d'induction électromagnétique.*

Pour compléter le paragraphe relatif aux courants variables il convient également de dire quelques mots des phénomènes d'induction électromagnétique dont la canalisation est le siège.

Dans l'étude de la propagation du courant le long d'un conducteur il est fait usage également de coefficients d'induction électromagnétique par unité de longueur.

Voyons également sous quelles réserves cette notion est acceptable.

Des démonstrations analogues à celles des paragraphes précédents nous amèneraient à des conclusions semblables, c'est-à-dire que cette notion est acceptable :

1° si *à chaque instant dans chaque section normale à la direction des conducteurs l'on a sensiblement* $\Sigma i = 0$.

2° Si *à chaque instant le courant varie le long des conducteurs suivant une progression arithmétique et cela sur une certaine étendue de part et d'autre du point considéré.*

Enfin, un dernier point mérite d'attirer l'attention.

Comment doit-on envisager les coefficients d'induction électromagnétique dans le cas des courants variables plus ou moins rapides. Lorsque les courants ne varient pas trop brusquement comme c'est le cas généralement pour les courants industriels et téléphoniques, on calculera les coefficients d'induction en supposant la densité du cou-

rant uniforme dans toute la section, et dans le cas des conducteurs parallèles le problème peut toujours être résolu avec une approximation suffisante.

Au contraire, si les courants[1] sont très rapidement variables ils occupent principalement la périphérie des conducteurs, et les coefficients d'induction sont généralement un peu moindres tandis que la résistance par unité de longueur peut augmenter considérablement. Le calcul ne peut alors être effectué aisément que dans des cas très simples.

DEUXIÈME PARTIE

Courants et tensions en régime périodique établi le long des lignes polyphasées symétriques

Malgré les simplifications qui résultent de l'introduction des coefficients de capacité et d'induction par unité de longueur, le problème de la propagation du courant dans le cas général des lignes polyphasées présente une

[1] Il convient de mentionner une relation très importante établie par M. Potier. Cette relation s'applique au cas d'un conducteur cylindrique de section quelconque, entouré par un conducteur qui lui sert de retour. M. Potier a démontré que dans le cas d'oscillations assez rapides pour que l'on puisse considérer le courant comme entièrement reparti à la surface des conducteurs on avait la relations générale :

$$\mu_{1.1}\,\gamma_{1.1} = \frac{1}{a^2}$$

$\mu_{1.1}$ étant le coefficient de self induction ;
$\gamma_{1.1}$ » » » capacité

tous deux exprimés en unités électromagnétiques ; a la vitesse de la lumière.

grande complication. Aussi n'a-t-il pas été résolu jusqu'ici.

Toutefois dans le cas spécial des lignes polyphasées symétriques (fig. 1) il est possible de trouver la loi de la répartition des courants et des tensions le long des conducteurs par la résolution d'une équation différentielle

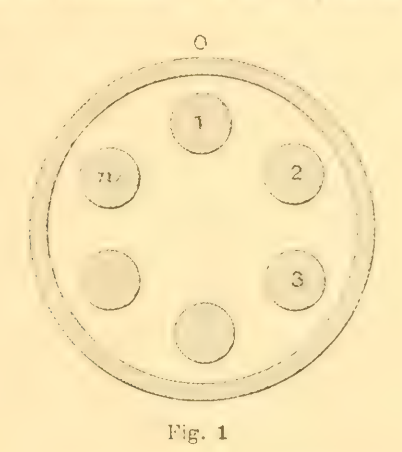


Fig. 1

lineaire, à la condition de n'envisager que le régime périodique établi.

Considérons, en effet, un système de conducteurs symétriques représentés en section (fig. 1). Nous supposerons que ces conducteurs font partie d'un circuit électrique fermé et que l'une des extrémités de cette ligne est soumise à des tensions polyphasées de la forme

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= V' \sin(\omega t + \alpha') \\ v_2 &= V' \sin\left(\omega t + \alpha' + \frac{2\pi}{n}\right) \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ v_n &= V' \sin\left(\omega t + \alpha' - \frac{2\pi}{n}\right) \end{aligned}\right\} \quad (A)$$

Lorsque *le régime périodique est atteint,* ce qui pratiquement arrive au bout d'un temps très court, on peut admettre que les tensions et les courants envisagés dans

une section normale quelconque de la canalisation resteront des fonctions périodiques n phasées de la forme générale des équations A.

$$y_1 = Y \sin (\omega t + \beta')$$
$$y_2 = Y \sin \left(\omega t + \beta' + \frac{2\pi}{n}\right)$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$
$$y_n = Y \sin \left(\omega t + \beta' - \frac{2\pi}{n}\right)$$

On sait en effet que dans un réseau de conducteurs ne renfermant que des résistances, capacités et coefficients d'induction constants, l'intégrale générale qui donne le courant dans l'un des conducteurs ou la tension entre deux points comprend un terme dont l'amortissement est généralement très rapide et un terme périodique de même fréquence que la f. e. m. agissante.

En d'autres mots, lorsque le régime périodique est établi, toutes les tensions et courants tendent à devenir des fonctions périodiques ne contenant que des harmoniques de même fréquence que ceux qui se trouvent dans les tensions appliquées. En second lieu, la symétrie des conducteurs (fig. (1) implique une symétrie dans les courants et les tensions par rapport aux tensions génératrices qui les produisent.

Cette supposition admise, le problème de la répartition des courants et des tensions en régime périodique établi le long de l'un quelconque des conducteurs, peut être ramené à la résolution d'une seule équation différentielle. (Voir *Comptes Rendus de l'Acad. des Sc.*, 21 mai 1900.)

Mais auparavant nous allons établir deux propositions importantes.

1[re] *Proposition. Dans un système de n conducteurs symétriques* (fig. 1) *soumis à des tensions polyphasées de la forme A le rapport de la charge au potentiel d'un conducteur est une quantité constante ayant pour expression :*

$$\gamma' = \gamma_{1.1} + 2 \cos. \left(\frac{2\pi}{n} \right) \gamma_{1.2} +$$

$$+ \ldots\ldots \left(- \gamma_{\left(\frac{n}{2} + 1\right).1} \right) = \text{Constante} \qquad \text{(B)}$$

le dernier terme n'étant pris en considération que si n est pair.

La démonstration de cette relation a été donnée (*Comptes-Rendus de l'Acad. des Sc.*, 12 mars 1900).

2[me] *Proposition. Dans un système de n conducteurs symétriques parcourus par des courants polyphasés de la forme A la résultante des forces électromotrices d'induction électromagnétique sur l'un des conducteurs est de la forme*

$$\mu' \frac{di_1}{dt}$$

μ' étant une constante ayant pour expression

$$\mu' = \mu_{1.1} + 2 \cos \left(\frac{2\pi}{n} \right) \mu_{1.2} +$$

$$+ 2 \cos \left(\frac{4\pi}{n} \right) \mu_{1.3} + \ldots\ldots \left(- \mu_{1.\frac{n}{2}+1} \right) = \text{Constante} \qquad \text{(C)}$$

$\mu_{1.1}$ désignant le coefficient de self induction du conducteur 1 considéré; $\mu_{1.2} \ldots\ldots \mu_{1.n}$ les coefficients d'induction mutuelle de ce conducteur avec les autres; et le dernier terme de l'expression (C) n'étant pris en considération que si n est pair.

La démonstration de cette dernière proposition n'a

pas été donnée : elle est d'ailleurs analogue à celle de la proposition (1).

La voici brièvement exposée :

La résultante des f. e. m. d'induction sur l'un des conducteurs est de la forme générale

$$\mu_{1.1}\frac{di_1}{dt} + \mu_{1.2}\frac{di_2}{dt} + \ldots\ldots \mu_{1.n}\frac{di_n}{dt} \qquad (5)$$

La symétrie de la figure implique la condition

$$\mu_{1.2} = \mu_{1.n}$$
$$\mu_{1.3} = \mu_{1.n-1}$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

de sorte que l'équation (5) devient :

$$\mu_{1.1}\frac{di_1}{dt} + \mu_{1.2}\left(\frac{di_2}{dt} + \frac{di_n}{dt}\right) +$$
$$+ \mu_{1.3}\left(\frac{di_3}{dt} + \frac{di_{n-1}}{dt}\right) + \ldots\ldots \left(\mu_{\frac{n}{2}+1}\frac{di_{\frac{n}{2}+1}}{dt}\right)$$

le dernier terme n'étant pris en considération que si n est pair.

D'autre part les intensités polyphasées sont représentées par des expressions de la forme générale (A). En différentiant ces expressions et en les ajoutant on obtient finalement

$$\frac{di_2}{dt} + \frac{di_n}{dt} = 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\frac{di_1}{dt}$$
$$\frac{di_3}{dt} + \frac{di_{n-1}}{dt} = 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\frac{di_1}{dt}\cdot$$
$$\frac{di_{\frac{n}{2}+1}}{dt} = -\frac{di_1}{dt}$$

La résultante des f. e. m. d'induction électromagnétique est donc

$$\left[\mu_{11} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\mu_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\mu_{1.3} + \right.$$
$$\left. + \ldots\ldots \left(-\mu_{\frac{n}{2}+1.1}\right)\right]\frac{di_1}{dt}$$

$$\text{soit } \mu' \frac{di_1}{dt}$$

en désignant la parenthèse dont la valeur est constante par μ'

Il résulte donc des deux propositions précédentes qu'*en régime périodique établi,* si les tensions et les courants restent polyphasés de la forme A dans chaque section normale, comme cela doit être, l'ensemble des phénomènes de capacité et d'induction électromagnétique sera le même que si l'on avait un seul conducteur de capacité γ' et de coefficient de self induction μ' par unité de longueur.

Comme il ne s'agit ici que de déterminer les courants et les tensions *en régime périodique établi* on peut résoudre le problème par la méthode bien connue de représentation symbolique des courants et des tensions par les quantités imaginaires. Le problème qui d'une façon générale exigerait la résolution d'équations aux différentielles partielles se trouve de la sorte ramené à la résolution d'une seule équation différentielle linéaire homogène.

Cette méthode qui a été développée en détail [1] con-

[1] Steinmetz. Alternating current phenomena, p. 155.
F. Guilbert. Éclairage électrique t. XVII 1898, p. 177.

duit à deux équations différentielles identiques donnant l'une la tension v l'autre l'intensité i

$$\frac{d^2v}{dx^2} = V^2 v \quad \frac{d^2i}{dx^2} = V^2 i$$

dans lesquelles

$$V^2 = - \omega\mu'\gamma' + \rho\omega\gamma^1 \sqrt{-1}$$

ρ désignant la résistance par unité de longueur du conducteur considéré.

La solution générale est

$$y = ae^{+Vx} + be^{-Vx}$$

Les constantes a et b sont déterminées par la condition des courants et tensions au départ et à l'arrivée.

Le problème de la répartition des courants et des tensions en régime périodique établi peut donc toujours être résolu dans le cas des lignes polyphasées symétriques.

Il importe de remarquer que pratiquement lorsque les lignes ne sont pas rigoureusement symétriques, les résultats du calcul ne doivent différer que peu de la réalité. En effet, dès que la distance entre conducteurs devient grande, relativement à la dimension de leur section (comme c'est le cas pour les lignes aériennes) les valeurs des coefficients de capacité ou d'induction varient très peu avec l'éloignement ou le rapprochement des conducteurs. La dissymétrie de la ligne ne peut donc avoir qu'une assez faible influence dans ce cas. Il n'en serait pas de même pour les câbles concentriques, d'ailleurs toujours moins employés.

LES

VARIATIONS DE LONGUEUR DES GLACIERS

DANS LES RÉGIONS ARCTIQUES ET BORÉALES

PAR

Charles RABOT

(Suite et fin[1].)

CONCLUSIONS

I

Considérant maintenant non plus tel ou tel pays en particulier, mais l'ensemble des régions que nous avons étudiées, c'est-à-dire, le Grönland, l'Islande, Jan Mayen, le Spitsberg, la Terre François-Joseph et la Scandinavie, l'historique des variations de longueur des glaciers peut être ainsi résumé en trois faits principaux :

1° *Antérieurement au XVIIIe siècle les glaciers sont beaucoup moins étendus qu'aujourd'hui et cet état de minimum date depuis des siècles.*

Leur situation en deça des limites actuelles pendant cette période est attestée par des documents authentiques en Norvège et en Islande[2]. A Jan Mayen et au Spitsberg,

[1] Voir *Archives*, t. VII, avril 1899, p. 359; juin, p. 557; t. VIII, juillet, p. 62; août, p. 156; septembre, p. 271; octobre, p. 321; novembre, p. 453; décembre, p. 566; t. IX, février 1900, p. 162; mars, p. 269; avril, p. 349; mai, p. 457.

[2] Voir *Archives des Sciences Physiques et Naturelles*, T. VIII p. 336; T. IX, p. 180 et 270; Charles Rabot. *Les variations de longueur des glaciers dans les régions arctiques et boréales.* (Extrait des *Archives* etc. T. III) p. 62, 75, 80.

le fait, s'il n'est pas absolument prouvé, est tout au moins très vraisemblable.

La longue durée de cette phase de minimum est attestée en Norvège par l'existence de fermes et de terres cultivées dans le voisinage immédiat des glaciers. Pour qu'un sol arable ait pu se constituer dans ces localités, il est de toute évidence que ces terrains n'ont pas été envahis par la glace pendant des centaines d'années, pendant même la période géologique actuelle. Egalement en Islande, d'anciens textes mentionnent l'existence d'églises, d'habitations, de pacages antérieurement au XVIII[e] siècle sur l'emplacement de l'extrémité inférieure actuelle des glaciers.

2° *Pendant le cours du XVIII[e], siècle et jusque dans les premières années du XIX[e], une crue énorme dépassant l'amplitude d'une simple variation se produit. Les glaciers envahissent des territoires qu'ils n'avaient jamais occupés durant la période actuelle Cette crue est générale et affecte tout l'hémisphère nord.*

Ce phénomène qui revêt les caractères d'un véritable cataclysme s'est manifesté au Grönland comme au Spitsberg et à Jan Mayen, en Islande comme en Norvège et dans l'Alaska. Au Grönland l'extension des glaciers pendant cette période est vraisemblable, mais n'est point établie par des documents certains. Nous avons dit que l'augmentation dans la production des *icebergs* était un indice de crue. Or, dans son journal, Egède le jeune rapporte que de 1770 à 1778 le nombre de ces énormes glaçons augmente d'année en année[1]. Au Spitsberg des manifestations de ce phénomène ont été également relevées.

[1] Nils Ekholm. *Om klimatets ändringar i geologisk och historisk tid samt deras orsaker.* in *Ymer.* 1899, IV, p. 392, Stockholm

Le glacier Negri a progressé de plusieurs kilomètres. En Islande de nombreuses observations signalent une crue considérable au commencement du XVIII[e] siècle, puis une décroissance, et finalement à la fin de ce siècle une nouvelle poussée en avant formidable. En Norvège, la date de cette croissance anormale a lieu vers 1728, au Svartis, en 1740-1760 au Lyngenfjord, et, entre 1730 et 1742 au Jostedal. De 1730 à 1742, quelques glaciers du Jostedal se sont allongés de 3 kilomètres. Dans l'Alaska, en 1794, les glaciers situés entre le 58° et le 60° de Lat. N. étaient, d'après M. Klotz, en état de maximum[1].

3° *Durant le XIX[e] siècle, période indécise. Dans quelques régions se produit une augmentation considérable suivie d'une faible diminution de la glaciation, tandis que dans d'autres, les glaciers, après être restés en état de maximum au début du siècle, ont subi depuis une déperdition peu importante. Nulle part on ne relève une régression aussi considérable que celle observée dans les Alpes dans ces cinquante dernières années.*

Au Grönland les glaciers semblent être aujourd'hui en état de maximum stationnaire.

En Islande, la crue s'est poursuivie jusque dans ces dernières années sur quelques glaciers, parfois avec une ampleur considérable. De 1750 à 1880, le Breidamerkurjökoll s'est allongé d'une dizaine de kilomètres. Actuellement presque tous les courants cristallins sont en retrait, mais ce retrait, peu important, n'a pas dégagé les terrains précédemment envahis.

Au Spitsberg le régime des glaciers est très indistinct. Si des cas assez nombreux de recul ont été signalés, de fréquentes progressions ont été récemment observées.

[1] *The Geographical Journal*, XIV, 5. Londres, 1900.

CRUES

Grönland		Islande		Jan Mayen	Spitsberg	Scandinavie		Alpes
Inlandsis	Glaciers locaux	Région Nord	Région Sud			Septentrionale	Méridionale	
								1715[25]
						1723[17]		
			1734[5]					
							1730[21]	
								1740[26]
			1751[6]					
						1763[18]		
								1770[27]
			1783-1860[7]					
fin du XVIIIe siècle[1]			1784[8] 1793-94[9]	XVIIIe siècle	XVIIIe siècle			
						1807[19]		
					1818-1839[14]			1810-1815[28]
								1830-1845[29]
		1846-1855[4]						
	1849-1892[3]							
1850-1890[2]				1861-1877[13]	1860-1861[15]		1859-1892[22]	
							1868-1869[23]	
					1870-1896[16]			1892
						1880-1898[20]		
			1890[10]					
			1893[11]					
			1894[12]				1890-1896[24]	

NOTES DU TABLEAU

[1] Cinq glaciers en crue.

[2] Deux glaciers en crue de 1850 à 1883-1884, un antérieurement à 1885 ; deux avant 1890 ; un glacier stationnaire en état de maximum de 1878 à 1891, un autre stationnaire avec tendance à progression (1890-1893), plusieurs glaciers subissant le même régime en 1883.

[3] Glaciers en crue de 1849 à 1879 ; deux en progression en 1879 après une décroissance s'étendant de 1811 à 1850, un avançant de 1879 à 1892, un autre de 1875 à 1879, un stationnaire de 1850 à 1879. Quatre glaciers en crue de 1856 à 1879.

[4] Trois glaciers en crue à cette date, les seuls pour lesquels on possède des observations.

[5] Bruarjökull. En décrue en 1794. Crue 1890.

[6] Breidamerkarjokull. Crue de dix kilomètres de 1751 à 1880.

[7] Solheimajökull.

[8] Skeidararjökull. 1784 est la dernière année de la progression. Ensuite très gros jusque vers 1857.

[9] Holarjökull, Stigarjökull, Kviarjökull, Svinafellsjökull. Les trois premiers étaient encore en état de maximum en 1894 le quatrième jusqu'en 1870 seulement.

[10] Bruarjökull.

[11] Katlajökull.

[12] Hrutarjökull. Breidamerkurjökull.

[13] Les trois glaciers de la côte nord–ouest de Jan Mayen.

[14] Glacier du fond de la baie de la Magdeleine.

[15] Glacier de Fritjoff.

[16] Dix observations faites entre ces deux dates relèvent des variations positives.

[17] Glacier d'Enga.

[18] Glacier de Strupen.

[19] Glaciers du Sulitelma et de l'Ålmajalos.

[20] Glaciers de Fonddal et du Jordbrodal. D'une communication du Colonel Haffner, directeur du *Geografiske Opmaaling* reçue postérieurement à l'impression de la partie de ce mémoire relative à la Norvège septentrionale, il résulte que de 1883 à 1899, les glaciers du Jordbrodal ont progressé.

[21] Jostedalsbræ.

[22] Buarbræ (Folgefonn).

[23] Jostedalsbræ.

[24] Jostedalsbræ et glaciers du Jotunheim.

[25] Richter.

[26] *Ibid.*

[27] *Ibid.*

[28] Forel.

[29] *Ibid.*

Durant ces dernières années les cas de crue semblent même l'emporter. Aussi bien, les variations de la glaciation dans cet archipel paraissent, en dernière analyse, se résoudre par une augmentation.

En Norvège, au début du siècle, les glaciers sont en état de maximum, mais, peu à peu ils éprouvent une régression très lente coupée par de courtes progressions. La perte qu'ils éprouvent est finalement minime et bien inférieure au gain qu'ils ont acquis au siècle précédent.

Comparons maintenant les dates des variations des glaciers dans les régions boréales et arctiques avec celles des mêmes phénomènes dans les Alpes (voir p. 4). Les observations exposées dans les pages précédentes sont trop incomplètes pour qu'on puisse fixer avec certitude les dates des périodes de progression ou de régression soit au Grönland, soit au Spitsberg ou même en Norvège. Les chiffres que nous donnons n'ont qu'une valeur indicatrice; ils signalent simplement la croissance ou la décroissance d'un ou de plusieurs glaciers à l'époque rapportée et à laquelle a eu lieu une observation. Peut-être, la variation avait-elle commencée avant cette période et a-t-elle persisté après, mais nous n'en savons rien. Les dates des périodes de progression dans les Alpes ont été empruntées aux professeurs E. Richter et Forel [1]. On sait que sur les dates de ces périodes les naturalistes ne sont point d'accord. MM. Heim et E. Richter font commencer et finir ces cycles à des dates différentes de celles choisies par M. Forel.

[1] *Les variations périodiques des glaciers des Alpes.* Sixième rapport de 1885. *(Jahrbuch des Schweizer Alpenclub.* XXI) E. Richter. *Geschichte der Alpengletscher.* in *Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins*, 1891, XXII.

Si maintenant on compare entre elles les dates portées sur le tableau de la page 4, pour les phases de crue, on voit que, si elles ne coïncident pas les unes avec les autres dans les différentes régions examinées, elles ne sont pas séparées par de très grandes différences.

La crue de 1715 dans les Alpes, d'après la chronologie de Richter, s'étend de 1703 à 1720. La croissance du glacier d'Enga (Norvège) en 1723 peut donc être rapportée à cette période. De même, les crues des Alpes de 1740 et de 1770 comprennent, toujours d'après Richter, les phénomènes survenus, d'une part, entre 1736 et 1749, et, de l'autre, entre 1760 et 1786. On peut donc rapporter à ces mêmes périodes les crues signalées en 1734, 1751, 1783, 1784 et 1794, en Islande et celles observées en 1763, dans la Norvège septentrionale et en 1730 dans la Norvège méridionale, en même temps que les progressions qui sont survenues à une date indéterminée dans le cours du XVIII[e] siècle, au Grönland, à Jan Mayen et au Spitsberg.— Pendant le XIX[e] siècle, l'état de maximum des glaciers du Sulitelma et de l'Ålmajalos signalé en 1807, et, la crue observée sur un glacier du Spitsberg, de 1818 à 1839, peuvent se rapporter au maximum du début du siècle dans les Alpes, d'autant que, d'après Richter, cette phase s'étend de 1814 à 1828, d'après Forel, de 1800 à 1815, d'après Heim, de 1811 à 1822.

La crue des Alpes de 1830-1845, semble bien également s'être fait sentir au Grönland, en Islande, au Spitsberg, en Scandinavie. Enfin, la progression secondaire qui s'est manifestée dans les Alpes de 1875 à 1892 paraît également correspondre aux crues observées en Islande, au Spitsberg, en Norvège vers cette époque.

Les seules différences que l'on puisse relever dans la

production de ce phénomène dans le nord et dans l'Europe centrale résident dans l'amplitude de ses manifestations. La crue du XVIII[e] siècle a été beaucoup plus accusée en Islande, au Spitsberg, en Norvège qu'en Suisse et la décroissance très considérable survenue dans les Alpes durant la seconde moitié du XIX[e] siècle a été dans les régions arctiques et boréales un phénomène secondaire.

II

Comparons maintenant les modalités des variations des glaciers dans le nord aux faits observés dans les Alpes.

Au début de ses études, le professeur F.-A. Forel a formulé quelques propositions, résultats de ses consciencieuses observations sur le phénomène qui nous concerne, en demandant aux naturalistes de les soumettre à une critique vigilante. Ce sont :

1° *Loi de longue périodicité.* — Les glaciers varient de grandeur par périodes comprenant de longues séries d'années; pendant dix ou vingt ans ils s'allongent, pendant dix ou vingt ans ils se raccourcissent.

2° *Loi de simultanéité.* — Les glaciers sont soumis à des périodes d'allongement et de raccourcissement qui commencent et finissent à peu près à la même époque pour l'ensemble du pays; les glaciers qui commencent les premiers à entrer en variation et ceux qui commencent les derniers semblent, pendant un temps, former des exceptions à la règle générale.

3° *Loi des variations de volume.* — Dans la variation périodique, il y a changement de volume et non pas seulement changement de forme. En d'autres termes, la va-

riation se fait sentir en même temps et dans le même sens sur les trois dimensions des glaciers: sur leur longueur, sur leur largeur et sur leur épaisseur.

La loi de simultanéité se trouve vérifiée par l'observation dans les régions boréales et arctiques.

Dans le nord, la loi de longue périodicité ne semble pas applicable. Les variations de premier ordre embrassent bien un très long laps de temps, mais, pendant cette période le sens de ces oscillations peut se trouver interverti par des phénomènes secondaires. Dans les Alpes les glaciers avancent ou reculent pendant dix, quinze, vingt ans, sans que, semble-t-il, ce mouvement soit interrompu par une variation en sens contraire; l'observation, du moins jusqu'à présent n'a révélé aucun fait de ce genre. Dans les régions boréales et arctiques, il n'en est pas ainsi. Pendant le cours d'une variation embrassant une longue suite d'années, il se produit des oscillations très courtes, des pulsations qui en interrompent le sens durant quelque temps. Ainsi, au Grönland, le glacier de Sorkak en l'espace de quelques mois s'allonge ou raccourcit. En Islande, durant une période de douze ans le Flaajökull a éprouvé trois progressions et trois régressions. En Norvège, en 1880 ou 1881 le glacier de Fonddal avait subi une faible crue passagère au cours d'une période de recul. De même les crues signalées sur le Jostedalsbræ et sur les courants du Jotunheim en 1868-1869, et en 1890-1896, pendant la phase de régression qui a caractérisé la plus grande partie du XIX[e] siècle, ont été très courtes et très peu sensibles. Durant une variation embrassant une longue période, il se produit donc des oscillations de moindre amplitude qui en interrompent le cours et le sens.

De plus, des variations saisonnières ont été relevées

en Norvège comme au glacier du Rhône et à celui de Grindelwald inférieur, mais elles se produisent à une saison différente de celle pendant laquelle ce phénomène a été constaté dans les Alpes. Ainsi, chaque été ou chaque automne, le Brixdalsbræ (Jostedalsbræ) avancerait pour reculer ensuite. D'après M. K. Bing, cette pulsation serait produite par l'arrivée à l'extrémité inférieure du glacier d'un excès de glace produit par le dépôt sur le plateau supérieur d'une masse de neige anormale après un hiver humide. Des variations saisonnières estivales ont été signalées dans d'autres parties du monde. Le Dr Sven Hedin a observé sur le glacier de Iambonlak, un des courants issus du dôme du Mouz-Tag-Ata (Pamir oriental), une progression de quelques mètres, survenue du 19 avril au 31 juillet, alors que ce glacier était évidemment en décroissance depuis de longues années. D'après ce savant voyageur, tous les courants glaciaires de ce massif subissent, en été, une variation positive de quelques mètres, puis, en automne, reprennent leur mouvement de regression.

Cette progression serait déterminé par la dilatation linéaire de la glace sous l'influence de la chaleur.

Il y a donc lieu par suite de distinguer trois ordres des variations de longueur : 1° celles embrassant une longue période, 2° celles d'une faible durée, se produisant à l'intérieur des premières et 3° des variations estivales.

La loi dite des variations de volume de Forel, ne *parait* pas trouver non plus son application dans le nord.

De 1859 à 1894 ou 1896 un des émissaires du Folgefonn (Norvège) est en crue. Pendant les dix-neuf ou vingt premières années de cette phase, l'augmentation de

la glaciation se manifeste sur le plateau supérieur comme dans la vallée. La nappe qui occupe le sommet du ravin d'écoulement devient plus épaisse et envahit des pointements rocheux précédemment à découvert, tandis que la langue de glace s'allonge de plus en plus dans la vallée. Mais vers 1878 survient un fait nouveau. La puissance de la nappe de glace supérieure diminue singulièrement, et, en même temps, le Buarbræ continue à progresser vers l'aval ou demeure en état de maximum stationnaire. La plaine glaciaire, bassin d'alimentation, se retrécit et s'amincit, alors que le glacier inférieur qui en descend s'allonge ou tout au moins ne paraît pas être affecté d'une diminution sensible.

En 1883, lorsque le *gaardmann*[1] de Fonddal me signala la poussée en avant éprouvée par le Fonddalsbræ deux ou trois ans auparavant, il me raconta qu'en même temps le niveau du glacier avait baissé dans sa partie supérieure.

Au Spitsberg, M. Garnwood a fait une observation analogue. Le glacier Tonnant (Booming glacier) en crue au moment de son passage était également affaissé dans son bassin d'alimentation.

Ainsi donc, les langues terminales des glaciers avancent, alors que le volume des nappes supérieures qui les alimentent est en décroissance, et cela pendant vingt-cinq ou trente ans. Entre 1866 et 1870, la glaciation a commencé à décroître sur le plateau du Folgefonn, et jusqu'en 1896, le Buarbræ a progressé lentement ou tout au moins est demeuré en état de maximum stationnaire.

[1] Propriétaire du *gaard* (exploitation rurale).

Pour nous rendre compte de ce phénomène, tout d'abord examinons les conditions topographiques des nappes supérieures.

Le point culminant du Folgefonn atteint la cote de 1650 m. D'après le professeur Richter, la limite climatérique inférieure des neiges persistantes passe dans ce massif entre 1450 et 1550 m.[1]; la plus grande partie de la nappe supérieure se trouve donc en dessous de cette ligne, par suite dans les mêmes conditions que les extrémités inférieures des glaciers des Alpes, par rapport à l'ablation. Suivant le même auteur, sur les massifs du Jostedal, cette même limite se rencontre entre 1600 et 1650 m.[2]; une bonne partie du plateau glacé supérieur est donc en dessous de cette ligne. De même au Svartis, où cette ligne passe entre 1200 et 1400 m. Au Spitsberg également, une grande étendue des bassins d'alimentation est située en dessous de la limite climatérique des neiges persistantes, tout au moins dans la partie centrale de la grande île de l'ouest. D'après nos observations, elle se rencontre dans cette région vers 700 m. Une très notable portion des *inlandsis* et des glaciers alpins norvégiens se trouve par suite dans les mêmes conditions que les extrémités inférieures des glaciers alpins.

De cette situation, il résulte que les variations dans la puissance de la glaciation sont indiquées non point par la position des langues de glace inférieures, mais par l'étendue et par l'épaisseur de la nappe supérieure. Quant aux glaciers inférieurs, ils ont un régime tout à fait différent, déterminé par d'autres causes.

[1] Richter. *Die Gletscher Norwegens* in *Geographische Zeitschrift*, II. 1896, p. 310.

[2] *Ibid.*, p. 314.

Une question se pose alors. Par suite de quels phénomènes se produit cette dissymétrie dans le sens des oscillations de longueur éprouvées par les nappes supérieures et par les glaciers inférieurs ? Pourquoi les premières reculent-elles, tandis que les seconds avancent ?

Les études poursuivies dans les Alpes semblent prouver que la progression des courants cristallins est déterminée par l'excès de l'alimentation sur l'ablation. Comment se fait-il alors qu'il y ait en bas afflux de glace, alors qu'en haut il y a diminution ? Deux parties d'un même massif montagneux situées l'une au-dessus de l'autre auraient donc des régimes météorologiques différents ?

Pour essayer de connaître la cause de cette anomalie, étudions le processus des phénomènes d'alimentation du glacier dans son ensemble.

Pendant les périodes froides et pluvieuses, il se produit sur le plateau supérieur un enneigement considérable. La nappe cristalline se répand sur des surfaces précédemment libres, en même temps qu'elle augmente d'épaisseur. Avec très juste raison, les glaciers polaires (*inlandsis*) ont été comparés à des lacs ; aussi bien, peut-on dire que leur niveau s'élève de plus en plus; puis, à un moment donné, survient ce que l'on pourrait appeler une débâcle. Leurs émissaires, les glaciers, se gonflent, puis s'allongent très rapidement dans leur partie inférieure. Il se produit une poussée en avant sous l'impulsion des masses considérables qui arrivent de l'amont. Le professeur Richter a, depuis longtemps, proposé cette explication du mécanisme des variations de longueur des glaciers[1]. Il arrive alors

[1] *Beobachtungen an den Gletschern der Ostalpen. I. Der Obersulzbach-gletscher. 1880-1882,* in *Zeitschrift des deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins*. 1883, I, p. 60 et suiv.

un moment où, par suite de l'ablation dans le haut et de l'écoulement vers l'aval, le produit des enneigements antérieurs sur le plateau est totalement expurgé, et que la puissance de la glaciation dans cette région diminue. Il y a alors décroissance dans le haut, et cependant l'apophyse inférieure continue à s'étendre dans la vallée ou tout au moins demeure stationnaire en état de maximum. Cela tient, croyons-nous, à ce que la masse de glace engagée dans le canal de descente est encore considérable, et que, sous l'influence de la chaleur, sa mobilité et sa dilatation deviennent de plus en plus grandes. La progression du glacier dans le bas est déterminée par la dilatation linéaire de la glace sous l'action de la chaleur. Seulement lorsque la valeur de l'ablation l'emporte sur celle des phénomènes de ce dernier ordre, le glacier entre en retraite, comme sa partie supérieure.

De là ces trois conséquences :

1° les variations de longueur estivales des langues de glace sont engendrées par l'arrivée d'un excès de glace à la suite d'un hiver neigeux et par la dilatation de la glace.

2° les allongements des glaciers polaires (*inlandsis*) et composites dans les vallées commencent à la suite de périodes froides et pluvieuses, et, après avoir atteint une très grande ampleur, ils persistent ensuite, moins rapides et moins accusés pendant la période suivante.

3° la chaleur pourrait bien être la cause déterminante de la prolongation des progressions des glaciers inférieurs.

M. Garnwood est catégorique à cet égard. Parlant de l'allongement du Booming glacier, il écrit[1] : « Pourquoi

[1] *The first crossing of Spistbergen*. Discussion. *The geographical Journal*. Avril 1897. Londres. — Tirage à part publié sous le titre : *Spitsbergen Glaciers*, p. 2.

ce glacier avance-t-il ? Parce que le climat devient plus froid, pourrait on répondre. J'incline, au contraire, à croire que cette progression est déterminée, au Spitsberg, par une amélioration du climat. Le centre du glacier est affaissé dans la partie supérieure de son bassin et il ne touche plus à ses rives. Si la progression était due à une augmentation dans la chute des neiges, il ne présenterait pas cet aspect. Une élévation de température a pour effet, nous le savons, d'augmenter la mobilité de la glace et sa vitesse d'écoulement ; dans mon opinion, on doit attribuer à cette cause la progression générale actuelle des glaciers du Spitsberg bien plus qu'au refroidissement.

Les deux seuls faits météorologiques que nous ayons pu découvrir au XVIIIe siècle et au commencement du XIXe constituent des arguments sérieux en faveur de cette explication.

« A partir de 1730, en Scandinavie, les hivers ont été très rudes et très rigoureux, rapporte Ch. Smith, et les étés très froids. Après 1750, au contraire, il s'est produit un changement dans la température. Les années 1740, 41 et 42 ont été particulièrement froides ; en 1812, les vieillards se souvenaient encore de cette période et la désignaient sous le nom d' « Années vertes » (*Grönaarene*), parce que le blé n'était pas arrivé à sa mâturité. C'est précisément à cette époque que le glacier de Meelvirsdal (Nigard) a occasionné des dégâts. »

La crue extraordinaire des glaciers du Jostedalsbræ, qui a eu lieu entre 1730 et 1742, a donc été déterminée par un enneigement anormal.

Si une période froide et pluvieuse engendre un allongement des glaciers inférieurs, la chaleur doit, au contraire, d'après les idées reçues aujourd'hui, les faire ré-

trograder. En 1811, l'été fut extraordinairement chaud : cette température anormale détermina une ablation considérable sur le plateau supérieur du Jostedalsbræ; entre le Löenvand et les vallées de Löen et d'Olden, la longueur des névés diminua des trois quarts. Néanmoins, les glaciers alimentés par cette nappe ne paraissent pas avoir éprouvé une ablation très considérable, ni avoir subi un recul correspondant à celui qui s'est manifesté sur le plateau.

Il nous reste maintenant à examiner une importante question. Les recherches poursuivies dans ces vingt dernières années dans les Alpes paraissent démontrer un parallélisme entre les oscillations de longueur des glaciers et les variations du climat. A chaque période froide et pluvieuse correspondrait une progression des glaciers, et à une série d'années chaudes et sèches une régression. Dans les régions arctiques et boréales trouve-t-on des indices d'une semblable relation entre les deux phénomènes ?

Pour arriver à un résultat offrant quelque garantie d'exactitude, les observations sont trop peu nombreuses. Il n'existe point de séries d'observations météorologiques exécutées dans le voisinage des massifs de glaciers depuis une longue période ; les documents fournissant des dates sur les événements de la vie agricole, qui ont été utilisés avec tant de profit dans l'Europe centrale font également défaut.

A notre connaissance, deux publications seulement, donnent des renseignements sur la question qui nous

intéresse, celle de Willaume-Jantzen[1] relatives aux observations météorologiques faites à Copenhague, et l'étude de M. Nils Ekholm sur le climat de la Suède[2].

Copenhague est situé par 55 30' de lat. N, et le Sognefjord autour duquel la glaciation se manifeste dans la Norvège méridionale avec le plus d'énergie, par 61 de Lat. nord, soit à 610 kilomètres plus au nord. Il n'est donc point certain que les variations climatériques qui se manifestent dans cette station se reproduisent dans la région glaciaire de la Scandinavie méridionale, et, à plus forte raison, dans la région glaciaire du nord de la péninsule qui s'étend au delà du cercle polaire. La preuve nous en est fournie par M. Willaume-Jantzen lui-même. Pendant les quatre années 1887-1890, dit-il, la température moyenne a été inférieure de 0,75 et de 1,25 à la normale à Paris, à Bruxelles, à Londres, à Vienne, à Berlin, à Madrid, à Turin, à Naples, alors qu'à Copenhague, à Christiania, à Stockholm, à Saint-Pétersbourg, l'écart était moindre (0,25 seulement) et qu'à Bodö, situé à proximité d'un grand centre glaciaire de la Norvège septentrionale, la température s'élevait au-dessus de la normale[3].

Quoiqu'il en soit, examinons les faits signalés par M. Willaume-Jantzen à Copenhague.

Du commencement du siècle jusqu'en 1830, la température a été supérieure à la normale. A partir de cette dernière date, elle s'est abaissée, au contraire, en des-

[1] *Meteorologische Observationer i Kjöbenhavn bearbejdede af V. Willaume-Jantzen. Udgivet af det danke Meteorologische Institut.* Copenhague, 1896.

[2] *Om Klimatets ändringar i geologisk och historisk tid samt deras orsaker*, in *Ymer*. 1899, 4, Stockholm.

[3] Willaume-Jantzen. *Loc. cit.*, p. 19.

sous de la normale d'une valeur importante. Après 1860 les hivers ont été plus chauds de 0°,4 et les étés et les automnes plus froids de 0°,5.

D'autre part, les recherches de M. Ekholm ont abouti à un résultat à peu près semblable pour Lund (à l'extrémité méridionale de la Suède), Stockholm et Haparanda (au fond du golfe de Bothnie). Dans ces trois localités, pendant le cours de ce siècle, le mois de janvier est devenu plus chaud d'un degré et le mois d'août un peu plus froid, comme le montre le tableau suivant des températures moyennes :

	Haparanda.		*Stockholm.*	
	1802-1848	1848-1898	1799-1848	1848-1898
Janvier	— 12°,8	— 11°,7	— 4°,3	— 3°,2
Août	+ 13°,1	+ 12°,7	+ 16°	+ 15°,6

	Lund.	
	1799-1848	1848-1898
Janvier	— 2°,2	— 1°
Août	+ 16°,1	+ 15°,8

« Si de petites variations du climat, ajoute M. Ekholm, observées pendant ces cent ou cent cinquante dernières années sont périodiques, continues ou accidentelles, on ne peut rien dire actuellement..... Relativement aux modifications du climat dans l'Europe occidentale et nord-occidentale, pendant les mille dernières années, on ne peut tirer aucune conclusion certaine; toutefois, une variation séculaire ou embrassant une longue période qui a pour effet de donner au climat un caractère moins continental et plus maritime parait se produire[1]. Dans les variations de la glaciation on retrouve évidemment les traces de cette modification multi-

[1] Ekholm, *Loc. cit.*, p. 401.

séculaire du climat. Depuis le Xe et le XIe siècle, l'étendue des glaciers a très certainement augmenté en Norvége et en Islande, par suite de la prédominance des influences maritimes. »

Par contre, la variation signalée par M. Ekholm depuis 1848 et par M. Willaume-Jantzen après 1860 ne semble pas avoir eu d'effet sur les glaciers. Des étés plus frais et des hivers plus chauds, partant plus humides, auraient dû déterminer un allongement des masses glacées dans une proportion grandiose, or, nous avons pendant cette période observé une diminution de la glace, faible, il est vrai.

On voit, par cet exposé, combien nos connaissances sont incomplètes. Maintenant que ce travail a établi pour ainsi dire l'état de la question pour les régions boréales et arctiques de l'Europe, espérons que les observateurs deviendront de plus en plus nombreux et combleront peu à peu les lacunes que nous signalons.

SUR QUELQUES EFFETS PHOTOCHIMIQUES PRODUITS PAR LE FIL RADIATEUR DES ONDES HERTZIENNES[1]

PAR

Thomas TOMMASINA

(Avec la planche VI.)

Dans mes expériences de télégraphie hertzienne, j'ai eu l'occasion d'entendre des crépitements rythmés tout le long du fil de l'antenne radiatrice, lequel, comme on le sait, n'est que le prolongement de l'une des branches du primaire de Hertz.

Comme on pouvait le prévoir, dans l'obscurité, ce phénomène décèle sa nature par une série de flocons ou pinceaux d'aigrettes lumineuses très mobiles et dont plusieurs semblent se déplacer autour du fil radiateur, aigrettes qui sont très semblables du reste à celles produites par les conducteurs du dispositif de Tesla, les deux phénomènes étant mécaniquement identiques.

Mais ce qu'il m'a paru intéressant d'étudier est la constatation que ces aigrettes paraissent vibrer synchro-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris*, séance du 28 mai 1900.

niquement, non avec les étincelles de l'oscillateur de Righi, mais avec les mouvements du trembleur de la bobine d'induction.

En outre, à chaque étincelle de l'oscillateur, une très vive onde lumineuse se propageait instantanément sur le fil, indépendamment de l'autre luminescence à aigrettes, laquelle continuait sans aucune modification perceptible son mouvement oscillatoire régulier.

Pour observer de plus près et plus commodément le phénomène, j'ai intercalé dans le fil d'antenne une double boîte, peinte en noir à l'intérieur, munie d'un couvercle fermant hermétiquement, et dans laquelle était tendu, près du fond, un fil très fin de cuivre. Les extrémités de ce fil sortaient de la boîte par deux trous très étroits et étaient fixées aux serre-fils, auxquels arrivaient les bouts du fil radiateur. Sous l'action du flux électrique oscillatoire, j'ai constaté immédiatement la formation d'une série de secteurs lumineux distribués irrégulièrement, *mais qui se formaient à des distances approximativement égales lorsque l'oscillateur était réglé à l'unisson avec le trembleur.*

Diminuant l'intensité du courant primaire jusqu'à faire presque disparaître la luminescence oscillante, l'effet de chaque étincelle de l'oscillateur devenait très visible par l'apparition instantanée d'une forte luminosité. Cherchant ensuite à photographier ces phénomènes, j'ai dû reconnaître que la photographie au moyen de l'objectif ne donnait rien, j'ai essayé alors l'action directe des effluves sur la gélatine sensibilisée des plaques rapides au bromure d'argent.

Ayant coupé longitudinalement en deux une plaque sensible, j'ai placé les deux moitiés l'une sur l'autre, gé-

latine contre gélatine, et intercalé entre les plaques le fil radiateur. Un morceau de bois de noyer de 6 cm. d'épaisseur placé dessus servait par son poids à les presser suffisamment contre le fil. Le couvercle fermé, aucune lumière ne pouvait plus pénétrer dans la boîte. Après l'action du flux oscillatoire pendant des temps variables, depuis celui d'une seule étincelle jusqu'à une série d'étincelles d'une durée de dix secondes, on développait les plaques. Au développement, l'image apparaissait lentement et très régulièrement, et gagnait en ton, se comportant en somme comme celle d'une plaque ayant subi une pose exacte.

C'étaient toujours des ramifications bien dessinées, qui devenaient très noires, plus ou moins simples et courbes, *mais toujours normales au fil radiateur près de leur point de départ.* Leur nombre augmentait sur les deux moitiés de la plaque selon et proportionnellement à la durée de la pose. J'ai remarqué à chaque essai que les traits très nets sur l'une des plaques étaient aussi reproduits sur l'autre, mais flous, et *vice versa,* ce qui indiquerait une action photochimique très limitée, mais existant aussi hors des lignes électriques.

Plaçant le fil sur une lame de verre quelconque, avec des pièces de monnaie pour étudier l'induction, et une seule plaque sensible dessus, gélatine en bas, ces pièces ne permettant pas de presser la plaque contre le fil, on a obtenu l'épreuve de la *fig. 1,* par une action continuée pendant dix secondes. Dans cette épreuve on voit en plus de l'action locale de chaque aigrette, celle d'une lumière diffusée très régulièrement, laquelle doit être due à la réflexion de la surface du verre servant de support au fil et aux pièces métalliques, en raison de l'espace sépa-

rant les deux lames, réflexion qui confirme la déduction précédente.

L'action électrique exclusive est démontrée par l'épreuve de la *fig. 2*, dans laquelle toutes les autres conditions restant les mêmes, une mince lamelle d'aluminium remplaçait les monnaies, ce qui permettait le contact du fil avec la gélatine. On y voit les aigrettes parfaitement délimitées sans aucune lumière diffuse, leur longueur présentant une légère diminution dans la partie centrale. Le morceau de bois déjà décrit pressait, dans cette expérience, la plaque sur toute sa longueur.

Dans la *fig. 3*, un fil de cuivre très fin, isolé, a été disposé parallèlement au fil radiateur, et sur la plaque sensible, comme poids, on a placé une morceau prismatique de bois et un de même forme, mais plus petit, en fer. Le bois couvrait l'espace *a b*, le fer l'espace *c d*. Sous ce dernier les radiations prennent une égale longueur avec une légère diminution au centre dans la direction duquel elles se courbent; de plus, l'on voit de courtes aigrettes marquant l'arrivée du flux au fil isolé. Au contraire, entre *a* et *b*, elles se croisent ensemble irrégulièrement et présentent un minimum beaucoup plus prononcé vers le centre. Enfin, entre *b* et *c*, là où il n'y avait rien sur la plaque, les aigrettes sont perpendiculaires au fil et ressemblent à celles de la *fig. 1*.

La *fig. 4* représente les effluves modifiées par des vibrations sonores qui prennent naissance sous l'action du même flux électrique dans le fil lorsqu'on lui donne une tension convenable. Je décrirai dans une prochaine note un certain nombre de ces phénomènes sonores obtenus par des dispositifs spéciaux et qui peuvent aider à documenter une théorie sur le mécanisme des radiations électromagnétiques.

Les observations faites par M. Borgmann[1] dans les gaz raréfiés, de la transformation des secteurs lumineux en disques, ont été aussi confirmées par mes expériences. Dans d'autres épreuves que j'ai obtenues, elles sont mieux visibles, mais il me suffira d'attirer l'attention sur tous les points de la *fig. 4,* où les courbes lumineuses sont identiques des deux côtés du fil, ce qui indique des surfaces de révolution autour du fil, dont la gélatine reproduirait la coupe diamétrale.

Dans toutes les expériences du genre de celles que je viens de décrire, j'ai pu constater que la nature plus ou moins magnétique du métal du fil radiateur, ne semble pas avoir un effet perceptible lorsque, le fil étant peu tendu, ne produit pas en même temps que la lumière les phénomènes sonores. Son épaisseur, au contraire, a une influence notable. Plus le fil est mince, plus courtes sont les aigrettes et plus les distances entre elles sont petites.

Il semblerait ainsi que vraiment le fil de l'antenne radiatrice des ondes hertziennes joue le rôle d'une capacité, dont toutes les molécules formant sa surface propagent l'une à l'autre le mouvement oscillatoire produit par les décharges.

Ce mouvement se propagerait en même temps aux molécules de l'élément ambiant de l'espace, c'est-à-dire de l'éther, suivant des lignes rayonnantes du fil, sur un nombre infiniment grand de plans parallèles entre eux et perpendiculaires à l'axe du fil.

Genève, Laboratoire de physique de l'Université, mai 1900.

[1] *Comptes-rendus de l'Acad. des Sc. de Paris,* séance du 30 avril 1900.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

CHIMIE

Revue des travaux faits en Suisse.

FR. FICHTER et A. KRAFFT. SUR L'ACIDE VINYLACÉTIQUE (*Berichte*, t. XXXII, p. 2799, Bâle).

Les auteurs ont obtenu en distillant dans un vide partiel l'acide β oxyglutarique, à côté d'acide glutaconique, un acide $C_4H_6O_2$ ressemblant à l'acide isocrotonique, mais qu'ils croient être l'acide vinylacétique; il se formerait d'abord de l'acide β lactonique, qui perdrait ensuite une molécule de CO_2.

E. BAMBERGER et FRED. TSCHIRNER. SUR L'ORTHO-AMINODIMÉTHYLANILINE (*Berichte*, t. XXXII, p. 1903, Zurich).

E. BAMBERGER. NOTES DÉTACHÉES (*Berichte*, t. XXXII, p. 1803, Zurich).

Sur la diacetylnaphtylamine; sur l'action du chlorure de l'acide benzène-sulfonique, sur les alcoylphénylhydrazines asymétriques; recherche de l'hydroxylamine, séparation des aldéhydes et des cétones; sur la p. nitrophénylhydrazone de formaldéhyde. Expériences de cours.

E. BAMBERGER. SUR L'ACTION DES ALCALIS SUR LES SELS DIAZOÏQUES DONT LE NOYAU RENFERME UN GROUPE MÉTHYLE SUBSTITUÉ EN POSITION ORTHO; CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES INDAZOLS (*Ann. Chem.*, 305, p. 289, Zurich).

Action générale des alcalis sur ces sels, partie théorique,

puis étude spéciale de l'action de la soude sur le diasomésitylène, et avec A. von Goldberger, action de la soude sur le diazo-o-toluène et sur le diazo-m- xylène asymétrique.

E. Bamberger. De l'action des diazoïques sur les oximes (*Berichte*, t. XXXII, p. 1546, Zurich).

La réaction d'un diazoïque avec une oxime aurait lieu en deux phases

$$
\begin{array}{l}
R_2C = NOH + C_6H_5N_2OH = \begin{array}{ccc} R_2C & — & NOH \\ | & & | \\ OH & & N_2.C_6H_5 \end{array} \\
\qquad + R_2C = NOH = \begin{array}{ccc} R_2C & — & NOH \\ | & & | \\ R_2C = NO & & N_2C_6H_5 \end{array} + H_2O
\end{array}
$$

E. Bamberger. Sur une nouvelle classe de diazoïques (*Berichte*, t. XXXII, p. 1773, Zurich).

La diazotation de l'amino-indazol et de ses homologues donne naissance à une classe particulière de diazoïques

$$
C_6H_4\left\langle \begin{array}{c} C—NH_2 \\ | \\ N \end{array} \right\rangle NH + NO_2H = H_2O + C_6H_4\left\langle \begin{array}{c} C—N = NOH \\ | \\ N \end{array} \right\rangle NH
$$

Si on chauffe cet hydrate de diazoïque avec de l'eau, on le transforme en un composé cyclique auquel l'auteur a donné le nom de indazoltriazolène ; on obtient

$$
C_6H_4 \begin{array}{c} \diagup C \begin{array}{cc} \diagup N & \\ & N \end{array} \\ \diagdown N \diagup N \diagup \end{array}
$$

réservant le nom de triazolène au groupement

$$
CH_2 \begin{array}{c} \diagup N \diagdown \\ \diagdown NH \diagup \end{array} N
$$

Divers dérivés ont été préparés.

E. Bamberger. Sur l'anhydrisation des colorants azoïques dérivés du β naphtol (*Berichte*, t. XXXII, p. 1797, Zurich).

L'auteur a constaté qu'en faisant recristalliser, de divers solvants, l'indazolyl-β-naphtol, il se transforme en une sorte d'anhydride interne. L'élévation de la température favorise la réaction.

E. Schulze et E. Winterstein. Constitution de l'arginine (*Berichte* XXXII, p. 3191, Zurich).

Ces chimistes ont réussi à faire la synthèse de l'arginine en faisant réagir la cyanamide sur l'ornithine, dans le vide et en présence d'un peu d'eau de baryte, ce qui prouve sa constitution

$$\begin{array}{l} NH_2.C = NH \\ \quad\quad\quad \diagdown \\ \quad\quad\quad\; NH.CH_2.CH_2.CH_2.CH(NH_2).COOH \end{array}$$

le rendement est de 15 %.

En chauffant le chlorhydrate d'ornithine, il se produit un peu de pyrrolidine.

E. Schulze et E. Winterstein. Histidine et Lysine (*Zeits. physiol. Chem.*, 28, p. 458, Zurich).

Les auteurs ont prouvé l'existence d'un peu d'histidine et de lysine, à côté de beaucoup d'arginine, dans les produits de la réaction de l'acide chlorhydrique sur les matières protéiques des graines de conifères.

E. Schulze. Histidine et Lysine dans les germes des végétaux (*Zeits. physiol. Chem.*, 28, p. 465, Zurich).

Ces deux substances ont été isolées des cotylédons de *lupinus lutens*, elles sont un produit de la transformation de l'albumine, comme l'asparagine, la leucine, l'acide amidovalérianique, la tyrosine, la phénylalanine et l'arginine.

A. Werner et H.-E. Conrad. Sur les acides transhexahydrophtaliques optiquement actifs (*Berichte* XXXII, p. 3046, Zurich).

A. Werner et Edm. Stiasny. Nitrodérivés de l'azo-, de l'azoxy- et de l'hydrazobenzène (*Berichte* XXXII, p. 3256, Zurich).

Revue des travaux faits sur ces dérivés, discussion sur les formules des produits obtenus; remise au point de ce chapitre de la chimie, qui paraît avoir été mal étudié par Janowsky, Alexejeff et Willgerodt.

A. Tschirch. Sur la rhubarbe et les produits actifs qu'elle renferme au point de vue pharmaceutique et botanique *Arch. d. Pharm.*, 237, p. 632, Berne).

L'auteur soutient que les propriétés purgatives des différentes rhubarbes proviennent moins de la présence d'oxyméthylquinones que de glucosides qui, décomposés dans les intestins, agissent surtout par la séparation d'émodine, substance qui irrite les muqueuses intestinales.

K. Heuberger. Réactions chimiques de l'aloès (*Schweiz. Wockschr. Pharm.*, 37. p, 506, Berne).

Discussion sur les réactions que présentent les différentes sortes d'aloès. La conclusion de ce travail est que les aloès de différentes provenances renferment aussi des substances actives très différentes les unes des autres.

J. Werder. Détermination des matières grasses du beurre d'après la méthode de Gerber (*Chem. Ztg.*, 23, p. 1028, St-Gall).

L'auteur recommande la méthode de détermination de Gerber et son butyromètre, où l'extraction se fait au moyen

de l'alcool amylique et d'acide sulfurique, il la trouve meilleure et surtout plus expéditive que celle de Soxhlet, prescrite par plusieurs autorités cantonales.

G. Lunge. Purification de l'acétylène (*J. f. Gasbel*, 42 p., 869, Zurich).

Lunge revendique pour lui, et Cedercreutz contre Wolff, la priorité du procédé de purification de l'acétylène par les hypochlorites.

M. Bloch et St. von Kostanecki. Sur la β-méthyle-3-oxy-phéno-γ-pyrone (β méthyle-3-oxy-chromone) (*Berichte*, t. XXXIII, p. 471, Berne).

Le produit d'oxydation de la brésiline décrit par Schall et Dralle serait, d'après Feuerstein et Kostanecki, constitué par le 3-oxy-phéno-γ-pyronol. Pour donner plus de force à cette hypothèse, les auteurs ont cherché à faire la synthèse de composés se rapprochant de ce produit d'oxydation ; ils ont obtenu des résultats positifs seulement en utilisant la méthode qu'ils avaient employée pour la synthèse de la chrysine. L'éther acétique réagit sur l'éther diéthylique de la résacétophénone avec formation de β-dicétone, la 2.4 diéthoxyacétylacétophénone qui traitée à l'ébullition par HI, fournit par fermeture de la chaîne la β-méthyle-3-éthoxy-phéno-γ-pyrone, puis par élimination de l'éthyle, la β méthyle-3-oxy-phéno-γ pyrone. Cette dernière substance présente une grande analogie avec le produit d'oxydation de la brésiline, ce qui confirme la supposition que ce produit est un 3-oxy-phéno-γ-pyronol. Les auteurs proposent de désigner la phéno-γ-pyrone sous le nom de « chromone » puisque cet atome-complexe se retrouve dans les matières colorantes végétales jaunes (oxyflavones, oxyxanthones) et que l'un de ses dérivés peut être retiré d'une matière colorante rouge

naturelle. On aurait donc comme substances primitives avec un noyau γ-pyronique la série suivante :

O CO	O CO	O CO
γ pyrone.	Chromone.	Xanthone.

Le composé dont il est question dans ce mémoire est en prismes bien définis, fusibles à 249-250°. Sa solution dans H^2SO^4 conc : est incolore et douée d'une fluorescence bleu-violet.

A. Bistrzycki. Oxydation de l'hydrazobenzène en solution alcoolique alcaline par l'oxygène de l'air (*Berichte*, t. XXXIII, p. 476, Fribourg).

Une communication antérieure de Bamberger sur l'oxydation de la phénylhydroxylamine en présence d'alcali par l'oxygène atmosphérique engage l'auteur à signaler qu'il a constaté il y a cinq ans déjà que, lorsqu'on fait passer dans une solution, maintenue en légère ébullition, de 11,5 gr. d'hydrazobenzène pur dans 160 gr. d'alcool (93 %) un courant d'air modéré, l'oxydation de l'hydrazobenzène est très incomplète, même après plusieurs jours; si, en revanche, l'on ajoute à la solution ci-dessus 1 cc. de lessive de soude concentrée, l'oxydation est terminée en 3 à 4 heures.

F. R.

COMPTE RENDU DES SÉANCES

DE LA

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE

Séance du 3 mai 1900.

Ed. Claparède. Sur la vitesse du mouvement lors des illusions de poids. — Ch.-Eug. Guye. Propagation du courant dans les lignes polyphasées. — Tommasina. Réclamation de priorité et nouvelles expériences sur l'auto-décohération.

M. Ed. Claparède communique le résultat d'expériences faites au Laboratoire de Psychologie, et destinées à enregistrer *la vitesse des soulèvements lors des illusions de poids.*

Des objets de même poids réel ne nous paraissent pas tels s'ils sont de volumes différents : le plus volumineux paraît le plus léger. M. Flournoy explique ce phénomène par le fait qu' « en vertu d'une expérience héréditaire, l'impulsion cérébrale inconsciente se proportionne automatiquement au poids probable, et par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, au volume des corps que nous désirons soulever; de là une plus grande vitesse communiquée aux gros objets, d'où résulte leur apparente légèreté »[1]. C'est dire que la perception du poids dépend de la vitesse avec laquelle s'effectue le déplacement, et non d'un sentiment d'innervation nous renseignant immédiatement sur la quantité d'effort déployé.

Certains auteurs ont refusé de souscrire aux conclusions ci-dessus. L'un d'eux, van Biervliet, prétend « que pour ex-

[1] *Année psychologique,* t, I, 1895, p. 198.

pliquer les résultats obtenus par M. Flournoy, il faut absolument faire intervenir le sens de l'innervation. » L'illusion est, d'après lui, le résultat d'une opération intellectuelle : notre esprit calcule la densité $\frac{P}{V}$ des objets que notre main soupèse, et c'est le sens d'innervation qui fournit l'un des termes (P) du rapport, l'autre (V) étant donné par la vue [1].

Pour trancher la question, il s'agissait de voir si le déplacement d'un objet volumineux se fait d'une façon différente de celui d'un petit objet, ces objets étant exactement de même poids et de même nature. M. Claparède s'est servi de trois boîtes de bois, cubiques, ayant respectivement 8, 12 et 16 centimètres de côté (volumes = 512 cc, 1728 cc, et 4096 cc.) et lestées de façon à peser chacune 345 gr. (Nous les désignerons par les lettres P, petit cube, M, moyen, G, gros). Chacune d'elle est surmontée d'un anneau où le sujet passe le doigt avec lequel il soupèsera. Le plancher de chaque boîte est en communication, par un fil, avec une aiguille inscrivant sur un cylindre enregistreur : tout mouvement d'ascension de la boîte est donc immédiatement inscrit. Une aiguille chronographique est reliée électriquement à l'anneau qui surmonte la boîte, de telle sorte qu'est inscrit le moment précis où le doigt du sujet *commence à exercer une traction* sur cet anneau. Ce moment est bien distinct de celui où la boîte commence son mouvement d'ascension ; l'intervalle qui les sépare est appelé *temps de latence* : il représente le temps que nous mettons à vaincre la résistance de la pesanteur, sans effectuer de soulèvement réel.

Les courbes obtenues sur le cylindre fournissent donc : 1° la durée du temps de latence, marquée par la distance qui sépare le trait de l'aiguille chronographique du point d'ascension de la courbe au-dessus de l'abscisse, 2° la vitesse avec laquelle s'est effectué le soulèvement, indiquée par la rapidité et la forme de cette ascension.

Il résulte de ces expériences, entreprises sur huit sujets (de divers âges et des deux sexes) qui ont fourni en tout

[1] *Ann. psychol.*, t. II, p. 81.

douze séries comparatives, que *les cubes sont soulevés d'autant plus rapidement que leur volume est plus grand.*

Ainsi, sur 12 expériences :

	Le plus rapidement.	Avec vitesse moyenne	Le plus lentement.
G a été soulevé	9 fois	2 fois	1 fois
M » »	2 »	4 »	2 »
P » »	1 »	2 »	9 »

(Le cube M n'a participé qu'à 8 expériences seulement.)

Voici, calculés en $^1/_{100}$ de seconde, les temps de latence (moyenne pour tous les sujets) pour chacun des cubes, et, en millimètres, la hauteur moyenne des ordonnées, $^1/_7$ de seconde après l'instant où la courbe a quitté l'abcisse, c'est-à-dire après $^1/_7$ de seconde de mouvement réel d'ascension :

	Temps de latence.	Ordonnées.
G.....	$0^s.12$	25 mm.
M.....	$0^s,21$	20 mm.
P.....	$0^s,62$	10 mm.

Il semble donc que, pour la perception du poids, la durée du temps de latence joue un rôle encore plus grand que la vitesse du mouvement de soulèvement.

Lorsqu'on a rajouté une surcharge (200 à 250 gr. suivant les sujets) à G. de façon à ce qu'il paraisse égal en poids à P, la courbe et le temps de latence du gros cube ainsi surchargé se sont beaucoup rapprochés de ceux de P.

Il existe, dans de telles expériences, une cause d'erreur provenant du fait que les sujets ne soulèvent pas toujours l'objet avec le même élan, le même entrain, ce qui modifie la vitesse absolue des levées et nuit à la comparaison de celles-ci. L'expérience a montré cependant que, en dépit de cette cause d'erreur que l'on devait craindre *a priori*, les résultats ont été très nets.

Il ressort de tout ceci que, si nous trouvons qu'un objet de gros volume est moins lourd qu'un autre de petit volume, nous ne sommes nullement victimes d'une *illusion* : nous ne faisons, au contraire, qu'enregistrer rigoureusement les don-

nées de notre sens musculaire. Il n'intervient, notamment, aucun calcul de la densité. Quant à savoir pourquoi nous lançons plus d'influx nerveux lorsque nous avons affaire à un gros objet, on peut invoquer, avec M. Flournoy, l'expérience héréditaire ou acquise, qui a créé en nous des coordinations visuo-motrices devenues automatiques.

M. Ch.-Eug. Guye présente une contribution à l'étude de la *propagation du courant dans les lignes polyphasées*.

Dans une première partie, l'auteur expose sous quelles réserves les notions de coefficients par unité de longueur peuvent être appliquées, et cela dans le cas d'un nombre quelconque de conducteurs parallèles représentant des lignes soit aériennes, soit souterraines.

La seconde partie est consacrée à l'étude de la répartition des tensions et des courants en régime périodique établi, dans le cas de conducteurs polyphasés symétriques[1].

M. Th. Tommasina présente une *réclamation de priorité et de nouvelles expériences sur l'auto-décohération*.

A l'avant-dernière séance, j'ai eu l'honneur de vous présenter deux nouveaux appareils récepteurs pour la télégraphie sans fils[2], et de vous lire la note qui a paru dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, le 2 avril, sur l'autodécohération du charbon. MM. Ducretet et Popoff viennent de réclamer la priorité de la substitution du téléphone au relais et de l'emploi des cohéreurs à grenaille de charbon pour la réception des signaux de la télégraphie sans fils, et ces messieurs ajoutent que le procédé présenté par moi *est décrit* dans un brevet qu'ils ont pris en Russie et puis en France le 22 janvier dernier.

Sans entrer dans la question de brevets, qui serait déplacée ici, comme elle l'était à l'Académie des Sciences, je tiens

[1] Voir le mémoire de M. Guye, ci-dessus, p. 532,

[2] Voir le Mémoire de M. Tommasina avec planche, *Archives*, t. IX, p. 409.

à rappeler que, dans ma communication faite dans cette salle, le 5 janvier 1899, j'ai dit *avoir utilisé le téléphone en le substituant au relais* pour étudier le phénomène de la cohération et décohération. Le fait est du reste brièvement indiqué dans le procès-verbal de cette séance, paru dans les *Archives* en mars 1899, le même mois dans lequel fut publiée ma note sur les cohéreurs à charbon, constatant la décohération sans choc par la seule interruption du courant[1]. Ainsi l'on aurait eu tout le temps d'étudier pratiquement ces sujets.

D'autre part, je viens d'écrire à Paris pour avoir le texte du dit brevet, et l'on m'a répondu que, n'étant pas encore publié, il est impossible de l'avoir. Vous pouvez ainsi décider à qui appartient la priorité scientifique.

Maintenant, je dois ajouter que, continuant mes recherches, j'ai obtenu des cohéreurs autodécohéreurs plus ou moins sensibles avec des limailles de tous les métaux de la série décrite dans ma note du 12 décembre 1898, placés dans un tube de verre entre deux électrodes de charbon. Seulement comme il s'agit d'autodécohération, il faut renverser l'ordre de la série, le quatrième groupe devient le premier et ainsi de suite pour les autres. J'ai même obtenu des bons résultats avec des minéraux en poudre, tels que les pyrites et les galènes. Une sphère métallique seule entre les charbons constitue un cohéreur-autodécohéreur, un grain de plomb de chasse décohère mieux s'il est légérement comprimé Une goutte de mercure décohère encore automatiquement lorsqu'elle est pressée presque jusqu'à former une couche remplissant l'espace entre les électrodes. Il me semble pouvoir établir que l'autodécohération n'est pas une disjonction complète, mais une simple diminution d'adhérence qui passe par tous les degrés. C'est ainsi que dans les cohéreurs purement métalliques, types Marconi et autres, en substituant le téléphone au relais, l'on constate une autodécohération plus ou moins sensible et régulière

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. de Paris,* séance du 13 mars 1899; *Archives des Sc. Phys. et Nat.*, t. VII, mai 1899.

suivant les métaux et suivant la faiblesse de l'effet des ondes hertziennes.[1]

Comme conclusion, j'affirme que tout microphone est un cohéreur-autodécohéreur dont la sensibilité augmente avec la petitesse de ses dimensions et conséquemment en sens contraire de la quantité de poudre qu'il contient : microphone dans lequel, pour en augmenter la sensibilité comme cohéreur, l'on peut substituer entre les disques du charbon, à la place de la poudre de celui-ci, de la limaille métallique. J'ai même constaté que, par cette dernière modification, le microphone permet toujours la reproduction de la parole dans un récepteur téléphonique. On a donc la reversibilité, et l'on peut dire qu'un cohéreur appliqué à une lame vibrante constitue un microphone.

[1] Pour ces expériences, il est nécessaire de se servir d'un récepteur téléphonique très sensible : p. ex. d'un appareil bipolaire reglé à sa plus grande sensibilite. *Note de l'A.*

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

PENDANT LE MOIS DE

MAI 1900

Le 1er, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.

2, très forte rosée le matin; quelques gouttes de pluie à 7 h. du soir.

3, très forte rosée le matin; fort vent à 1 h. du soir; pluie dans la soirée.

5, très forte rosée le matin.

6, très forte rosée le matin.

7, pluie dans la nuit et depuis 6 h. 45 m. du soir à 9 h. du soir et depuis 10 h. du soir; éclairs au NNW. à 8 h. 25 m. du soir.

8, pluie dans la nuit, de 10 h. du matin à 1 h. du soir et depuis 9 h. du soir; très fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir et à 10 h. du soir.

9, pluie dans la nuit et à 7 h. du soir.

10, très forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.

11, forte bise à 4 h. du soir.

12, très forte rosée le matin.

13, rosée le matin; pluie de 1 h. à 7 h. du soir; forte bise à 10 h. du matin et depuis 9 h. du soir.

14, pluie dans la nuit et depuis 1 h. du soir; forte bise à 10 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

15, pluie le matin jusqu'à 7 h. du soir; forte bise depuis 4 h. du soir.

16, forte bise depuis 1 h. du soir.

17, forte bise.

19, rosée le matin; forte bise depuis 4 h. du soir.

20, rosée le matin.

21, rosée le matin; fort vent à 4 h. du soir.

22, rosée le matin.

23, fort vent à 1 h. du soir; pluie à 4 h et depuis 9 h. du soir.

24, pluie la nuit et à 7 h. du matin; très fort vent de 1 h. à 4 h. du soir.

25, fort vent à 7 h. du matin et forte bise de 4 h. à 7 h. du soir; **la neige a disparu sur le Salève.**

26, pluie à 10 h. du matin; très forte bise depuis 10 h. du matin.

27, forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.

28, forte bise de 1 h. à 4 h. du soir.

30, forte bise de 10 h. du matin à 7 h. du soir.

31, forte bise à 10 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 7 h. soir	729,22	Le 3 à 1 h. soir	721,30
8 à 9 h. soir	720,95	4 à 6 h. soir	727,33
11 à 11 h. soir	725,62	8 à 1 h. matin	714,05
14 à 11 h. soir	716,11	11 à minuit	723,86
21 à 9 h. matin	730,18	14 à 6 h. matin	713,19
24 à minuit	725,11	21 à 5 h. soir	728,27
28 à 7 h. matin	731,25	24 à 4 h. soir	722,73
31 à minuit	726,98	28 à 5 h. soir	729,66

Résultats des observations pluviométriques faites dans le canton de Genève.

Stations Observ. MM.	CÉLIGNY Ch. Pesson	COLLEX J. Gottraux	CHAMBÉSY L. Perrot	SATIGNY P. Pelletier	ATHENAZ J.-J. Decor	COMPESIÈRES Pellegrin
Hauteur d'eau en mm.	79.6	74.9	82.0	53.0	66.3	64.0

Stations Observ. MM.	VEYRIER B. Babel	GENÈVE Observatoire	COLOGNY R. Gautier	PUPLINGE A. Dunant	JUSSY M. Micheli	HERMANCE C. Nyauld
Hauteur d'eau en mm.	82.2	74.0	75.4	79.1	*	85.1

* Pluviomètre en réparation.

GENÈVE. — MAI 1900.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Baromètre. Minim. observé au barogr.	Baromètre. Maxim. observé au barogr.	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Fract. de saturation en millièm. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'h.	Vent dominant.	Chemin parcouru par le vent. Kil. par heure.	Nébulosité moyenne	Insolation. Dur. en heures	Temp. du Rhône Midi.	Temp. du Rhône Écart avec la temp. normale	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°					mm.					h.	°	°	cm
1	726,98	+ 2,03	726,34	728,00	+10,80	— 0,26	+ 7,0	+15,0	765	+ 71	540	940	...	..	NNE. 1	7,7	0,33	7,5	10,2	+ 0,1	89,5
2	726,02	+ 1,04	723,80	727,53	+11,27	+ 0,06	+ 5,0	+17,2	735	+ 40	520	900	0,0	..	var.	2,7	0,75	4,5	10,7	+ 0,5	91,0
3	722,85	— 2,17	721,30	727,39	+14,78	+ 3,43	+ 7,8	+22,0	650	— 45	370	900	1,1	2	var.	5,6	0,65	7,8	10,9	+ 0,6	91,7
4	728,25	+ 3,19	727,33	729,22	+13,85	+ 2,36	+10,1	+17,4	634	— 61	480	780	...	..	N. 1	8,9	0,52	6,1	11,2	+ 0,8	91,5
5	727,17	+ 2,07	725,69	728,45	+13,86	+ 2,22	+ 6,5	+23,8	670	— 25	170	900	...	..	var.	4,6	0,28	12,3	11,8	+ 1,3	94,2
6	723,75	— 1,39	720,83	726,35	+14,65	+ 2,87	+ 7,8	+23,2	642	— 54	370	900	...	..	N. 1	3,8	0,70	5,6	...	.....	94,0
7	718,98	— 6,20	716,98	721,27	+16,59	+ 4,66	+12,8	+21,5	658	— 38	500	870	6,8	3	SSW. 1	8,7	0,93	4,6	12,4	+ 1,6	93,0
8	718,20	— 7,02	714,05	720,95	+ 9,40	— 2,67	+ 7,7	+10,5	799	+103	740	900	15,6	7	SSW. 2	12,9	0,92	...	9,7	— 1,2	96,2
9	720,32	— 4,94	719,84	721,29	+10,65	— 1,56	+ 7,4	+14,8	719	+ 22	550	870	1,5	1	N. 1	5,4	0,82	2,9	8,8	— 2,2	102,5
10	721,30	— 4,01	720,47	723,58	+11,15	— 1,21	+ 5,7	+16,6	683	— 14	350	900	...	..	NNE. 2	23,0	0,60	9,1	8,9	— 2,2	103,0
11	724,53	— 0,82	723,86	725,62	+12,75	+ 0,25	+ 6,9	+18,8	590	—107	350	800	...	..	var.	5,4	0,45	9,9	9,6	— 1,6	102,5
12	724,28	— 1,11	722,69	725,56	+11,96	— 0,68	+ 5,3	+18,2	682	— 16	520	850	...	..	var.	1,2	0,57	7,9	9,7	— 1,7	102,8
13	720,47	— 4,97	716,69	722,72	+12,11	— 0,67	+10,6	+15,7	841	+143	670	1000	5,3	5	N. 1	7,4	0,87	1,5	...	.....	97,0
14	714,28	—11,20	713,19	716,11	+ 9,79	— 3,43	+ 6,5	+12,5	923	+224	840	1000	17,1	11	NNE. 2	12,5	1,00	...	11,1	— 0,5	96,0
15	717,62	— 7,91	716,04	720,05	+ 6,96	— 6,11	+ 5,9	+ 8,9	942	+243	880	980	4,1	6	NNE. 2	13,6	1,00	...	10,9	— 0,8	100,0
16	721,74	— 3,83	720,15	722,77	+ 7,51	— 5,70	+ 5,3	+10,4	799	+ 99	720	960	...	..	NNE. 2	18,8	1,00	0,2	10,9	— 0,9	100,2
17	721,58	— 4,04	720,67	722,44	+ 9,17	— 4,18	+ 4,9	+13,5	653	— 47	560	740	...	..	NNE. 2	20,9	0,92	2,4	10,5	— 1,4	97,8
18	721,53	— 4,13	720,88	722,50	+10,91	— 2,58	+ 7,0	+16,0	639	— 61	480	750	...	..	var.	4,2	0,40	6,5	10,7	— 1,4	96,5
19	724,29	— 1,42	721,81	727,67	+11,81	— 1,81	+ 6,7	+17,5	704	+ 3	420	950	...	..	NNE. 1	8,3	0,67	5,4	11,1	— 1,1	97,0
20	728,57	+ 2,82	727,98	729,40	+10,54	— 3,22	+ 3,9	+16,0	620	— 81	400	900	...	..	var.	7,3	0,12	12,2	...	.....	94,5
21	729,33	+ 3,53	728,27	730,18	+13,24	— 0,66	+ 4,4	+21,5	590	—112	260	950	...	..	var.	6,4	0,12	13,0	11,9	— 0,5	95,5
22	727,21	+ 1,37	724,76	729,21	+14,43	+ 0,40	+ 5,9	+22,5	627	— 75	440	930	...	..	var.	8,3	0,22	13,1	12,0	— 0,5	93,0
23	724,96	— 0,93	723,87	725,59	+16,80	+ 2,63	+11,6	+24,0	648	— 54	380	970	7,7	7	var.	5,4	0,90	2,3	13,0	+ 0,4	93,7
24	724,06	— 1,87	722,73	725,30	+13,17	— 1,13	+ 9,8	+17,7	774	+ 71	440	970	10,8	6	SSW. 1	11,5	0,98	0,5	...	.....	96,0
25	725,54	— 0,44	724,81	726,20	+11,51	— 2,93	+ 6,9	+15,2	641	— 62	480	850	0,0	..	var.	12,5	0,83	7,3	11,9	— 1,0	98,5
26	727,05	+ 1,03	725,97	728,79	+10,91	— 3,66	+ 8,0	+14,2	745	+ 42	590	950	3,0	3	NNE. 2	16,1	0,65	6,2	11,6	— 1,4	98,0
27	729,69	+ 3,62	728,40	731,10	+13,33	— 1,37	+ 9,0	+17,4	711	+ 7	580	800	...	..	NNE. 2	12,5	0,48	9,8	...	.....	97,0
28	730,71	+ 4,60	729,66	731,25	+15,75	+ 0,92	+11,9	+20,0	712	+ 8	540	850	...	..	NNE. 1	7,3	0,48	7,1	13,1	— 0,1	97,0
29	729,22	+ 3,06	727,90	730,10	+16,90	+ 1,94	+13,0	+21,2	635	— 69	460	830	...	..	NNE. 1	5,8	0,33	10,5	13,3	0,1	96,3
30	727,33	+ 1,13	726,71	728,80	+12,94	— 2,15	+ 8,7	+16,8	608	— 96	400	860	...	..	NNE. 2	9,4	0,18	10,1	13,7	+ 0,2	97,5
31	726,37	+ 0,12	625,71	726,98	+12,14	— 3,07	+ 5,9	+18,2	640	— 64	370	850	...	..	var.	5,2	0,55	8,9	13,9	+ 0,3	97,5
Mois	724,33	— 0,91			+12,31	— 0,89			699	— 5						9,14	0,62		11,29	—0,43	96,48

MOYENNES DU MOIS DE MAI 1900

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	723,49	723,36	723,86	723,71	723,03	722,71	723,06	723,84
2e »	721,78	721,62	721,86	722,08	721,98	721,65	721,79	722,34
3e »	727,74	727,53	727,84	727,66	727,15	726,71	726,96	727,66
Mois	724,45	724,28	724,63	724,59	724,15	723,79	724,03	724,71

Température.

	°	°	°	°	°	°	°	°
1re déc.	+ 9,55	+ 8,44	+ 10,53	+ 14,10	+ 16,18	+ 17,00	+ 13,96	− 11,84
2e »	+ 8,14	+ 6,92	+ 8,49	+ 11,31	+ 13,14	+ 13,32	+ 11,82	+ 9,68
3e »	+ 10,90	+ 9,24	+ 12,14	+ 15,10	+ 17,35	+ 17,41	+ 14,95	+ 12,82
Mois	+ 9,57	+ 8,23	+ 10,44	+ 13,55	+ 15,61	+ 15,96	+ 13,62	+ 11,49

Fraction de saturation en millièmes.

1re décade	853	853	792	614	552	478	634	788
2e »	819	866	783	692	640	651	694	769
3e »	793	845	752	610	509	485	640	698
Mois	821	854	775	638	565	536	655	750

	Therm. min.	Therm. max.	Temp. du Rhône.	Nébulosité moyenne.	Insolation. Durée en heures.	Chemin parcouru p. le vent.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre
	°	°	°		h.	kil. p. h.	mm	cm.
1re déc.	+ 7,78	+ 18,20	10,51	0,65	60,4	8,33	25,0	94,66
2e »	+ 6,30	+ 14,75	10,56	0,70	46,0	9,96	26,5	98,43
3e »	+ 8,65	+ 18,97	12,71	0,52	88,8	9,13	21,5	96,36
Mois	+ 7,61	+ 17,36	11,29	0,62	195,2	9,14	73,0	96,48

Dans ce mois l'air a été calme 23,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NNE. à ceux du SSW. a été celui de 3,90 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 9°,1 E. et son intensité est égale à 60,0 sur 100.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU GRAND SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MAI 1900.

Le 1er, brouillard à 7 h. du matin et de 4 h. à 7 h. du soir.

2, fort vent le matin jusqu'à 1 h. du soir; brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir.; neige à 4 h. du soir.

3, neige à 1 h. du soir; brouillard et forte bise depuis 7 h. du soir.

4, brouillard à 7 h. du matin.

6, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; fort vent depuis 10 h. du matin.

7, très fort vent pendant tout le jour; brouillard depuis 7 h. du soir; neige

8, neige à 7 h. du matin et à 4 h. du soir; fort vent à 7 h. du matin et brouillard à 7 h. du soir.

9, brouillard depuis 7 h. du soir.

10, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir.

11, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir.

13, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et à 4 h. du soir; neige à 1 h. du soir et depuis 7 h. du soir.

14, neige pendant tout le jour; fort vent le matin jusqu'à 4 h. du soir.

15, brouillard à 7 h. du matin et à 10 h. du soir; neige à 7 h. du soir.

16, brouillard à 7 h. du matin et depuis 1 h. du soir.

17, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 7 h du soir.

18, brouillard à 10 h. du soir.

19, brouillard pendant tout le jour.

22, fort vent à 10 h. du soir.

23, brouillard à 7 h. du soir; pluie à 10 h. du soir.

24, neige à 1 h. du soir; brouillard depuis 4 h. du soir.

25, brouillard jusqu'à 10 h. du matin et depuis 4 h. du soir; forte bise depuis 7 h. du soir.

26, neige jusqu'à 10 h. du matin; brouillard depuis 1 h. du soir; forte bise à 7 h. du matin

27, brouillard à 10 h. du soir.

28, brouillard depuis 7 h. du soir.

29, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; forte bise à 10 h. du matin et à 4 h. du foir.

30, brouillard à 7 h. du matin et depuis 7 h. du soir; forte bise pendant tout le jour.

31, brouillard à 7 h. du soir.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique observées au barographe.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à minuit	565,00	Le 3 à 7 h. matin	561,37
5 à 11 h. soir	568,00	5 à 7 h. matin	567,05
8 à minuit	558,60	8 à 4 h. matin	555,60
12 à minuit	564,10	12 à 10 h. soir	562,42
15 à 11 h. soir	557,40	14 à 7 h. matin	554,36
21 à 10 h. soir	568,55	22 à 11 h. soir	567,30
25 à 2 h. matin	562,20	25 à 1 h. soir	561,25
29 à minuit	569,50	29 à 10 h. soir	567,35

SAINT-BERNARD. — MAI 1900

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum. observé au barographe	Baromètre. Maximum. observé au barographe	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum absolu.	Température C. Maximum absolu.	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.		Nébulosité moyenne.
	millim	millim	millim	millim					cm	mm				
1	563,65	+ 0,93	562,00	565,20	— 1,83	— 0,40	— 5,3	+ 1,9	.....	.....	....	NE.	1	0,70
2	564,50	+ 1,68	563,29	565,00	— 1,33	— 0,05	— 3,8	+ 2,0	.....	.....	....	SW.	2	0,88
3	562,28	— 0,64	561,37	565,00	+ 0,50	+ 1,64	— 1,9	+ 8,2	.....	.....	....	NE.	1	0,62
4	566,10	+ 3,08	565,00	567,40	+ 1,07	+ 2,07	— 3,3	+ 5,0	.....	.....	....	NE.	1	0,23
5	567,52	+ 4,41	567,05	568,00	+ 4,47	+ 5,33	— 0,6	+11,13	.....	.....	....	NE.	1	0,07
6	566,68	+ 3,48	565,00	568,00	+ 2,22	+ 2,94	+ 1,4	+ 6,2	.....	.....	....	SW.	2	0,83
7	562,19	— 1,11	559,20	565,50	+ 0,25	+ 0,83	— 1,2	+ 5,7	27,0	25,0	....	SW.	3	0,70
8	556,96	— 6,44	555,60	558,60	— 3,10	— 2,66	— 3,9	+ 5,2	15,0	21,0	....	NE.	1	0,67
9	558,46	— 5,04	558,00	559,10	— 2,92	— 2,62	— 6,1	+ 3,7	.....	.....	....	NE.	1	0,62
10	559,04	— 4,56	558,10	560,80	— 2,33	— 2,17	— 5,3	+ 3,8	.....	.....	....	NE.	1	0,95
11	562,25	— 1,44	560,50	563,70	— 1,02	— 1,00	— 3,6	+ 3,2	.....	.....	....	NE.	1	0,78
12	563,28	— 0,51	562,42	564,10	+ 1,67	+ 1,55	— 3,2	+ 8,2	.....	.....	....	var.		0,20
13	561,01	— 2,88	559,28	562,10	— 1,15	— 1,41	— 1,4	+ 4,2	.....	.....	....	SW.	1	1,00
14	556,23	— 7,76	554,36	559,00	— 1,42	— 1,82	— 1,9	+ 3,4	12,0	30,0	....	SW.	2	1,00
15	555,85	— 8,24	554,70	557,40	+ 0,68	+ 0,15	— 1,8	+ 7,1	14,0	33,0	....	NE.	1	0,87
16	558,58	+ 5,60	558,00	559,03	— 0,58	— 1,24	— 2,6	+ 3,6	.....	.....	....	NE.	1	0,97
17	558,91	— 5,37	558,10	559,60	+ 0,37	— 0,43	— 1,8	+ 7,0	.....	.....	....	SW.	1	0,83
18	559,75	— 4,63	559,10	560,60	+ 0,80	— 0,13	— 1,9	+ 7,4	.....	.....	....	NE.	1	0,40
19	561,28	— 3,29	560,60	562,64	— 2,83	— 3,89	— 3,8	+ 2,2	.....	.....	....	NE.	1	1,00
20	564,65	+ 0,08	562,90	566,34	+ 1,05	— 0,14	— 4,9	+ 6,7	.....	.....	....	NE.	1	0,03
21	567,39	+ 2,73	566,40	568,55	+ 2,80	+ 1,48	— 1,4	+ 8,7	.....	.....	....	SW.	1	0,18
22	567,95	+ 3,19	567,30	568,40	+ 3,27	+ 1,82	— 0,4	+10,0	.....	.....	....	SW.	1	0,05
23	566,15	+ 1,29	565,81	567,00	+ 3,83	+ 2,25	+ 1,4	+ 8,7	.....	19,2	....	SW.	1	0,60
24	562,96	— 1,99	562,03	565,50	— 0,38	— 2,09	— 1,7	+ 3,7	3,0	15,5	....	SW.	1	0,95
25	561,38	— 3,66	561,25	562,20	— 3,92	— 5,75	— 4,7	+ 0,9	4,0	5,5	....	NE.	1	0,95
26	562,83	— 2,30	561,41	565,05	— 2,30	— 4,25	— 4,9	+ 1,6	.....	.....	....	NE.	1	1,00
27	567,11	+ 1,88	565,30	568,65	+ 2,82	+ 0,75	— 4,3	+ 8,5	.....	.....	....	NE.	1	0,37
28	569,11	+ 3,79	568,49	569,99	+ 3,43	+ 1,24	— 0,3	+ 8,5	.....	.....	....	NE.	1	0,37
29	568,12	+ 2,71	567,35	569,50	+ 2,05	— 0,26	+ 0,2	+ 5,7	.....	.....	....	NE.	1	0,70
30	564,46	— 1,04	563,55	567,20	— 1,80	— 4,23	— 3,8	+ 2,8	.....	.....	....	NE.	2	0,77
31	562,94	— 2,65	562,59	563,30	— 3,27	— 5,82	— 6,8	+ 1,5	.....	.....	....	NE.	1	0,35
Mois.	562,89	— 0,95			+ 0,03	— 0,48								0,63

MOYENNES DU GRAND SAINT-BERNARD. — MAI 1900.

Baromètre.

	1 h. m.	4 h. m.	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade...	563,14	562,53	562,37	562,57	562,62	562,69	562,88	563,11
2e » ..	560,02	559,87	559,88	560,15	560,30	560,36	560,30	560,55
3e » ...	565,79	565,37	565,17	565,34	565,40	565,48	565,62	565,76
Mois	563,07	562,68	562,56	562,77	562,86	562,93	563,02	563,22

Température.

	7 h. m.	10 h. m.	1 h. s.	4 h. s.	7 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0
1re décade...	— 0,86	+ 1,32	+ 3,26	+ 1,58	— 0,67	— 1,35
2e » ...	— 1,22	+ 1,60	+ 3,00	+ 1,67	— 0,04	— 1,38
3e » ...	— 0,21	+ 2,05	+ 3,74	+ 2,64	+ 0,66	— 0,22
Mois.....	— 0,75	+ 1,67	+ 3,35	+ 1,98	+ 0,01	— 0,96

	Min. observé.	Max. observé.	Nébulosité.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	cm
1re décade...	— 3,00	+ 5,30	0,63	46,0	42,0
2e » ...	— 2,69	+ 5,30	0,71	63,0	26,0
3e » ...	— 2,43	+ 5,51	0,57	40,2	7,0
Mois	— 2,70	+ 5,37	0,63	149,2	75,0

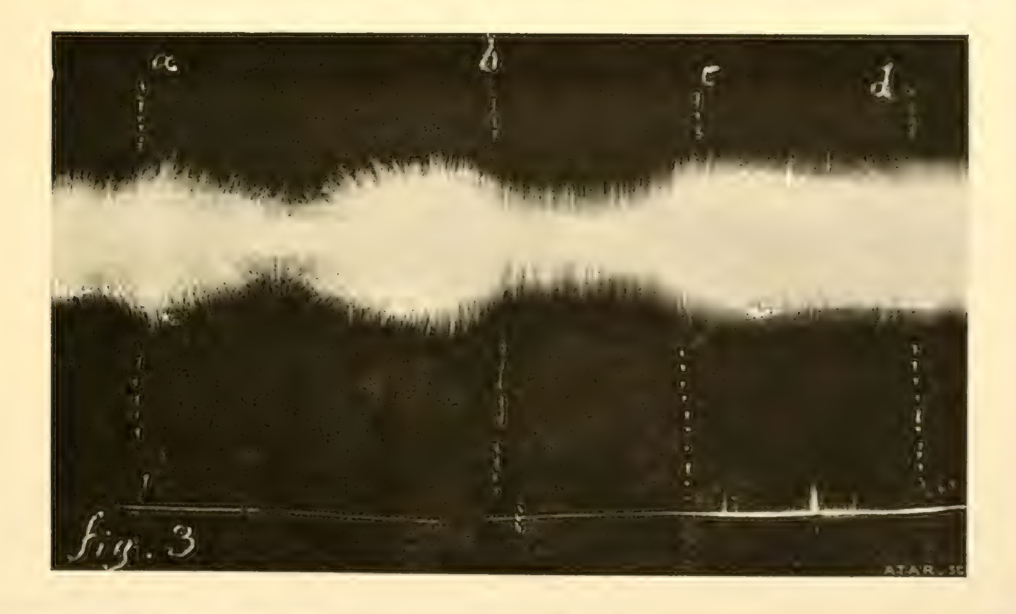
Dans ce mois, l'air a été calme 0,0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE à ceux du SW a été celui de 1,41 à 1,00

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 20,4 sur 100.


fig. 1
Cu
Ni
Ag


fig. 2
a
Al
b


a
b
c
d
fig. 3


a
b
c
d
e
fig. 4

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME NEUVIÈME

(4me PÉRIODE)

1900. — Nos 1 à 6.

BULLETIN SCIENTIFIQUE

ASTRONOMIE

PHYSIQUE

CHIMIE

GÉOLOGIE ET MINÉRALOGIE

Compte rendu des séances de la Société vaudoise des sciences naturelles, à Lausanne.

Compte rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève.

Compte rendu des séances de la Société de chimie de Genève.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand Saint-Bernard.

